

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Toshihiro TAKAHASHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: VEHICLE STEERING CONTROL APPARATUS

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.

☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):  
Application No. \_\_\_\_\_ Date Filed \_\_\_\_\_

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

APPLICATION NUMBER

MONTH/DAY/YEAR

Japan

2002-349893

December 2, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

☒ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

☐ were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_

☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number \_\_\_\_\_  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_; and

☐ (B) Application Serial No.(s)

☐ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 2 月    2 日  
Date of Application:

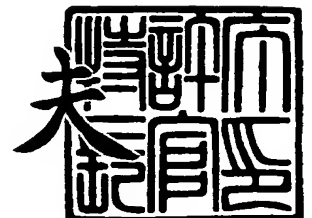
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 4 9 8 9 3  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 3 4 9 8 9 3 ]

出      願      人  
Applicant(s):                      豊田工機株式会社  
  株式会社豊田中央研究所

2 0 0 3 年    9 月 3 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 0 2 8 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 PY20021542

【提出日】 平成14年12月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B62D 6/00

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

    【氏名】 高橋 俊博

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

    【氏名】 小川 省二

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株  
    株式会社豊田中央研究所内

    【氏名】 畔柳 洋

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株  
    株式会社豊田中央研究所内

    【氏名】 浅井 彰司

【特許出願人】

    【識別番号】 000003470

    【氏名又は名称】 豊田工機株式会社

【特許出願人】

    【識別番号】 000003609

    【氏名又は名称】 株式会社豊田中央研究所

【代理人】

    【識別番号】 100068755

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 恩田 博宣

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100105957

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 誠

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002956

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9720003

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 車両の操舵制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両舵取機構の操舵輪上に同軸形状に一体配置された複数個の概同一性能の電動モータと、前記各電動モータを制御する制御手段を含む複数のシステムを備え、各システムの電動モータを同時に制御して共通の前記舵取機構を駆動する車両の操舵制御装置において、

1 つのシステムの制御手段は、

操舵ハンドルの操舵位置と自身のシステムの電動モータの位置情報に基づいて前記舵取機構を駆動するために必要となる第 1 トルク指令を生成し、その第 1 トルク指令をシステムの数に応じて分配し、分配後の自身のシステム用のトルク指令に基づいて当該電動モータに対してトルク制御を行い、

他のシステムの制御手段は、

当該システムに分配されたトルク指令に基づいて当該システムの電動モータに対してトルク制御を行うことを特徴とする車両の操舵制御装置。

【請求項 2】 前記各システムの故障検出を行う故障検出手段を備え、前記第 1 トルク指令を生成していたシステムを含む 1 つ以上のシステムが故障した場合には、他の正常なシステムの 1 つの制御手段は、操作ハンドルの操舵位置と自身のシステムの電動モータの位置情報に基づいて前記舵取機構を駆動するために必要となる第 2 トルク指令を生成し、

その第 2 トルク指令を残りの正常なシステムの数に応じて分配し、分配後の自身のシステム用のトルク指令に基づいて当該電動モータに対してトルク制御を行い、

その他の正常なシステムの制御手段は、

当該システムに分配されたトルク指令に基づいて当該システムの電動モータに対してトルク制御を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の車両の操舵制御装置。

【請求項 3】 前記各システムの故障検出を行う故障検出手段を備え、前記第 1 トルク指令を生成していたシステムを除く 1 つ以上のシステムが故障した場

合には、前記第 1 トルク指令を生成していたシステムの制御手段は、その第 1 トルク指令を残りの正常なシステムの数に応じて再分配し、分配後の自身のシステム用のトルク指令に基づいて当該電動モータに対してトルク制御を行い、

その他の正常なシステムの制御手段は、

当該システムに分配されたトルク指令に基づいて当該システムの電動モータに対してトルク制御を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の車両の操舵制御装置。

【請求項 4】 前記トルク制御は、電動モータの電流をフィードバック制御する電流制御を含み、

各システムの制御手段は、前記全システム正常時と 1 つ以上のシステムの故障時とでは、前記電流制御の電流ループゲインを可変にしたことを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 に記載の車両の操舵制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ステアバイワイヤ式の操舵制御装置や電動パワーステアリング制御装置に使用される車両の操舵制御装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、車両の操舵輪を制御する車両の操舵制御装置として、ステアリングホイールと、前輪（操舵輪）に連結する操舵用ギヤボックスとを機械的に分離したステアバイワイヤ式の操舵制御装置が公知である。

【0 0 0 3】

この操舵制御装置は、ステアリングホイールと操舵用ギヤボックスとを直結しないで、ステアリングホイールの操舵角を検出し、検出した操舵角に応じて電動モータを介して操舵用ギヤボックスを駆動するようにされている。

【0 0 0 4】

この種の操舵制御装置では、装置の故障時に確実にステアリング操作が続行できるよう、何らかのバックアップシステムを設けている。

このバックアップシステムとしては、例えば2つの冗長なシステムを備えた構成が提案されている（特許文献1参照）。

#### 【0005】

1つのシステムは、主システムとされ、操舵輪に連結したシャフトを駆動する1つの電動モータと、同モータを駆動する1つの駆動回路、及び前記駆動回路を介して電動モータを駆動制御する1つの制御回路や制御に必要な各種センサが設けられている。又、他の1つのシステムは、副システムとされ、主システムと同様の構成を備えている。

#### 【0006】

2つのシステムを備えた装置では、各システムが正常時には、相互干渉しないようにして、両システムの各モータを同時に駆動制御し、主システム側の電動モータにて、ステアリングホイールの操舵角に応じてシャフトを駆動する。

#### 【0007】

そして、主システム側になんらかの故障があった場合には、その電動モータを停止させ、残る副システム側の電動モータにてシャフトを駆動するようにされている。

#### 【0008】

又、特許文献2では、相異なる位置に操舵用モータを一对配置し、操舵に必要な操舵力を所定の比率に分配する舵取機構が提案されている。

#### 【0009】

##### 【特許文献1】

特開2002-37112号公報（図1、段落「0015」～「0028」）

##### 【特許文献2】

特開平10-218000号公報

#### 【0010】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、電動モータの制御方式は、ステアリングホイールの操舵角を検出する操舵角センサの検出値に基づいて電動モータを位置制御するようにしている。このとき、複数の電動モータを同時に駆動しようとした場合、モータトルクの干

渉が問題になる場合がある。

#### 【0011】

例えば、各電動モータに設けた回転角センサによる電動モータの回転角に基づいて位置フィードバック制御を行う場合、電動モータの組付誤差や、回転角センサの組付誤差などにより、各電動モータは異なった位置に制御されてしまう。このため、発生トルクの方が合わず、トルクが低下したり、音や振動が発生したり、さらには電動モータが発熱してしまう問題がある。

#### 【0012】

特許文献1の技術では、両システムの制御誤差により生ずる相互干渉を回避するために、相互干渉が生ずる部位に相互干渉検知機構を設けている。相互干渉検知機構は、相互干渉を検知すると、一方のシステムの作動（電動モータの作動を含む）を停止させるようにしている。

#### 【0013】

前記モータトルクの干渉が生じた場合、この制御誤差による相互干渉が生じた場合と同様に、一方のシステムを停止することが考えられる。

しかし、この制御の方法では、一方のシステムの作動を停止してしまうため、両システム自体は正常であるにも拘わらず、残った電動モータのみによって操舵輪に連結したシャフトを駆動することになり、システムが正常時においては、好ましくない方法である。

#### 【0014】

又、特許法文献2の技術では、相異なる位置に一对の操舵用モータ（主及び副操舵用モータ）を配置しているため、主操舵用モータと副操舵用モータとでは、モータ形状、構成がそれぞれ異なることを前提とした技術である。

#### 【0015】

従って、モータの性能（モータ特性）が均一でないことから、トルク分配を所定の比率でしか分配できない。又、どちらのモータが故障したかにより、故障後の性能に差が生ずることになる。

#### 【0016】

本発明の目的は、複数のシステムの各電動モータを同時駆動する際、電動モ-



タのトルク干渉の問題を解消して、トルクの低下を生ずることがなく、異音、振動、発熱の発生を抑えることができる車両の操舵制御装置を提供することにある。

#### 【0017】

又、本発明の目的は、複数のモータ間の性能差による制約がないため、システム故障時のトルクの分配が容易であり、性能低下を防ぐことができる車両の操舵制御装置を提供することにある。

#### 【0018】

##### 【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するために、請求項1に記載の発明は、車両舵取機構の操舵輪上に同軸形状に一体配置された複数個の概同一性能の電動モータと、前記各電動モータを制御する制御手段を含む複数のシステムを備え、各システムの電動モータを同時に制御して共通の前記舵取機構を駆動する車両の操舵制御装置において、1つのシステムの制御手段は、操舵ハンドルの操舵位置と自身のシステムの電動モータの位置情報に基づいて前記舵取機構を駆動するために必要となる第1トルク指令を生成し、その第1トルク指令をシステムの数に応じて分配し、分配後の自身のシステム用のトルク指令に基づいて当該電動モータに対してトルク制御を行い、他のシステムの制御手段は、当該システムに分配されたトルク指令に基づいて当該システムの電動モータに対してトルク制御を行うことを特徴とする車両の操舵制御装置を要旨とするものである。

#### 【0019】

請求項2の発明は、請求項1において、前記各システムの故障検出を行う故障検出手段を備え、前記第1トルク指令を生成していたシステムを含む1つ以上のシステムが故障した場合には、他の正常なシステムの1つの制御手段は、操作ハンドルの操舵位置と自身のシステムの電動モータの位置情報に基づいて前記舵取機構を駆動するために必要となる第2トルク指令を生成し、その第2トルク指令を残りの正常なシステムの数に応じて分配し、分配後の自身のシステム用のトルク指令に基づいて当該電動モータに対してトルク制御を行い、その他の正常なシステムの制御手段は、当該システムに分配されたトルク指令に基づいて当該シ

テムの電動モータに対してトルク制御を行うことを特徴とする。

**【0020】**

なお、本明細書において、「第2トルク指令を残りの正常なシステムの数に応じて分配」するとは、2つのシステムを備えた操舵制御装置の場合では、第1トルク指令を生成するシステムが故障した際、残りの正常なシステムにおいて、生成された第2トルク指令を自身のシステムにのみ使用する場合も含む趣旨である。

**【0021】**

請求項3の発明は、請求項1において、前記各システムの故障検出を行う故障検出手段を備え、前記第1トルク指令を生成していたシステムを除く1つ以上のシステムが故障した場合には、前記第1トルク指令を生成していたシステムの制御手段は、その第1トルク指令を残りの正常なシステムの数に応じて再分配し、分配後の自身のシステム用のトルク指令に基づいて当該電動モータに対してトルク制御を行い、その他の正常なシステムの制御手段は、当該システムに分配されたトルク指令に基づいて当該システムの電動モータに対してトルク制御を行うことを特徴とする。

**【0022】**

なお、本明細書において、「第1トルク指令を残りの正常なシステムの数に応じて再分配」するとは、第1トルク指令を生成するシステムのみが正常で、他のシステムが全て故障した際、生成された第1トルク指令を自身のシステムにのみ使用する場合も含む趣旨である。

**【0023】**

請求項4の発明は、請求項2又は請求項3において、前記トルク制御は、電動モータの電流をフィードバック制御する電流制御を含み、各システムの制御手段は、前記全システム正常時と1つ以上のシステムの故障時とでは、前記電流制御の電流ループゲインを可変にしたことを特徴とする。

**【0024】**

**【発明の実施の形態】**

以下、本発明を車両に搭載されるステアバイワイヤ式の操舵制御装置（以下、

単に操舵制御装置という) に具体化した一実施形態を図1～図8に基づいて詳細に説明する。

#### 【0025】

図1は本実施形態の操舵制御装置の概念図を示している。

操舵制御装置は、ステアリングホイール10（操舵ハンドル）を含む操作機構100と、車両舵取機構としての舵取機構200と、制御部300を備えている。

#### 【0026】

（操作機構100）

操作機構100のステアリングホイール10は、図示しない車両に対して回転可能に支持された回転軸11に連結されている。

#### 【0027】

回転軸11には、回転軸11の回転角に対応するステアリングホイール10の操舵角を検出するための第1操舵角センサ14及び第2操舵角センサ15が設けられている。

#### 【0028】

第1操舵角センサ14は第1システムSY1の第1ECU21に接続されている。又、第2操舵角センサ15は、第2システムSY2の第2ECU22に接続されている。

#### 【0029】

（舵取機構200）

次に舵取機構200を図2を参照して説明する。図2は操舵制御装置の舵取機構200の要部拡大図を示している。

#### 【0030】

中空円筒状の第1シャフトハウジング30と中空円筒状の第2シャフトハウジング31と、中空円筒状のモータハウジング32とは、同軸となるようにかつ一体になるように互いに連結されており、図示しない車両のボディに対して支持されている。すなわち、モータハウジング32は、前記両ラックハウジングに対して、ボルト33、34（図2参照）によって結合されている。

**【0031】**

第1シャフトハウジング30と第2シャフトハウジング31とモータハウジング32とから構成された筒状体内には、シャフト35が回転不能かつ軸線方向に移動可能に内蔵されている。シャフト35の両端部は図示しないタイロッドを介して左右の前輪T（操舵輪）が連結されている。なお、モータハウジング32は舵取機構200のハウジングとしても機能している。

**【0032】**

次に、モータハウジング32内の構成を図2及び図3を用いて説明する。

モータハウジング32内には一対のモータ（電動モータ）が設けられている。以下、それぞれ第1モータ36及び第2モータ37といい、両モータは三相同期式ブラシレスDCモータを構成する。

**【0033】**

第1モータ36及び第2モータ37は、互いに共通の固定子を構成するステータ38及び互いに共通のロータを構成するモータシャフト39とを有する。すなわち、両モータは同軸上に配置されている。

**【0034】**

そして、ステータ38には、モータハウジング32の内周に嵌合するようにして複数の突極40が互いに等角度隔てて設けられている。本実施形態では、突極40は12個設けられている。これら突極40のそれぞれに第1モータ36の第1モータ巻線41及び第2モータ37の第2モータ巻線42が絶縁ボビン44を介して巻回されている。本実施形態では、第1モータ巻線41が突極40のモータハウジング32側に配置され、第2モータ巻線42がモータシャフト39側に巻装されている（図3参照）。

**【0035】**

第1モータ巻線41及び第2モータ巻線42はモールド成型により絶縁性樹脂が被覆されている。

本実施形態では、第1モータ巻線41及び第2モータ巻線42は、巻装された共通の突極40が同相、同極性になるように同突極40に対して巻装されるとともに、後述する第1駆動回路55及び第2駆動回路57にてそれぞれ制御される

。

#### 【0036】

例えば、U相、V相、W相にそれぞれなる第1モータ巻線41がそれぞれ巻装された各突極40には、U相、V相、W相にそれぞれなる第2モータ巻線42がそれぞれ巻装されている。又、Uバー相、Vバー相、Wバー相にそれぞれなる第1モータ巻線41が、それぞれ巻装された各突極40には、Uバー相、Vバー相、Wバー相にそれぞれなる第2モータ巻線42がそれぞれ巻装されている。なお、「バー」が付された相は、「バー」が付されていない相とは突極40が逆の極性になるように巻装方向が逆方向になっていることを意味する。又、以下の説明では、断りがなければU相及びUバー相になる巻線を単にU相巻線ということがある。他の相についても、同様に「～相巻線」ということがある。

#### 【0037】

そして、各突極40に巻装された巻線は、モータの回転方向に沿って、U1，U1バー，V1，V1バー，W1，W1バー，U2，U2バー，V2，V2バー，W2，W2バーの順に配置されている。なお、U1，U2は同じ極性となるU相であり、U1バー，U2バーは同じ極性となるU相である。他のV，Wについても同じ意味である。

#### 【0038】

又、第1モータ36及び第2モータ37は出力が同じとされている。すなわち、本実施形態では、両モータの出力を同じくするために、第1モータ巻線41及び第2モータ巻線42の各突極40に対する巻数は同じとされ、かつ、後述する第1駆動回路55及び第2駆動回路57から出力される励磁電流が同じとされている。すなわち、第1ECU21及び第2ECU22は、第1駆動回路55及び第2駆動回路57から出力される励磁電流が同じとなるように制御する。そして、両モータが同時に作動している際の両モータの合成出力トルクは、各モータの出力トルクの2倍とされている。

#### 【0039】

第1駆動回路55は第1駆動手段に相当し、第2駆動回路57は第2駆動手段に相当する。

又、モータシャフト 39 は、中空円筒状であり、シャフト 35 の軸心方向の中間部において同軸的にシャフト 35 の外側に遊嵌されている。モータシャフト 39 は、その一端側が第 1 ベアリング 45 を介してモータハウジング 32 と、第 1 シャフトハウジング 30 に対して支持されている。

#### 【0040】

モータシャフト 39 の他端側は、中間部分よりも拡径された中空円筒状のナット保持部 47 が一体に形成されている。ナット保持部 47 は第 2 ベアリング 46 を介してモータハウジング 32 と、第 2 シャフトハウジング 31 に対して自身の軸心の周りで回動自在に支持されている。

#### 【0041】

以上により、モータシャフト 39 は、第 1 及び第 2 ベアリング 45, 46 を介して第 1 及び第 2 シャフトハウジング 30, 31 とモータハウジング 32 に回転可能に支持される。

#### 【0042】

又、モータシャフト 39 の軸線方向の中間部分のステータ 38 と対向する位置には、永久磁石 48 が外設して一体回転可能に固定されている。そして、ステータ 38 の第 1 モータ巻線 41 及び第 2 モータ巻線 42 のうち少なくとも何れか一方に電流が流れると、永久磁石 48 を備えたモータシャフト 39 には軸心を中心軸とする回転力が発生し、モータシャフト 39 が回転するようになっている。

#### 【0043】

又、モータシャフト 39 のナット保持部 47 内にはボールねじナット 49 が同軸的に内嵌されている。このボールねじナット 49 の内周面には螺旋状のボールねじ溝 50 が設けられている。

#### 【0044】

シャフト 35 の外周面には軸線方向の所定範囲に螺旋状のボールねじ溝 51 が設けられている。そして、このボールねじ溝 51 と前記ボールねじ溝 50 との間には、図示しない多数のボールが転動可能に受容されている。このように、シャフト 35 のボールねじ溝 51 とボールねじナット 49 とによりボールねじ構造を備えたボールねじ機構が形成されている。

**【0045】**

そして、このボールねじ機構によりモータシャフト 39 の正逆回転の出力トルクをシャフト 35 の軸線方向の往復動の推力に変換する。

又、前記両モータのステータ 38 と第 1 ベアリング 45 との間には、第 1 回転角センサ 52、第 2 回転角センサ 53 がモータシャフト 39 の軸線方向に沿って並設されている。この第 1 回転角センサ 52、第 2 回転角センサ 53 は、ロータリーエンコーダにて構成されている。

**【0046】**

両回転角センサは、それぞれモータシャフト 39 の回転に応じて  $\pi/2$  ずつ位相の異なる 2 相パルス列信号と基準回転位置を表す零相パルス列信号を第 1 ECU 21 及び第 2 ECU 22 に入力する。以下、各回転角センサが検出し、出力する信号を単に、検出信号（2 相パルス列信号及び零相パルス列信号を含む）ということがある。

**【0047】**

又、第 1 回転角センサ 52 及び第 2 回転角センサ 53 からの検出信号は、所定のサンプリング周期で第 1 ECU 21 及び第 2 ECU 22 に入力されている。

そして、第 1 ECU 21 及び第 2 ECU 22 は入力された検出信号に基づいて第 1 モータ 36 及び第 2 モータ 37 におけるモータシャフト 39 のステータ 38 に対する回転角が判断できるようになっている。

**【0048】**

（制御部 300）

次に、制御部 300 について説明する。

制御部 300 は、第 1 ECU 21、第 2 ECU 22、第 1 駆動回路 55 及び第 2 駆動回路 57 とを備えている。

**【0049】**

第 1 ECU 21 及び第 2 ECU 22 はそれぞれマイクロコンピュータを含んだ電子制御ユニットにて構成されている。

1. 第 1 ECU 21 について

第 1 ECU 21 は、制御プログラムにより、演算、処理及び記憶等の各種の構

成を有しており、すなわち、図 5 に示すように、位置制御部 21A、トルク分配部 21B、電流制御部 21C を備える。

#### 【0050】

第 1 ECU 21 の制御モードは、始動時制御モード、正常時制御モードが用意されている。

(第 1 ECU 21 の始動時制御モード、及び正常時制御モード)

第 1 ECU 21 は、始動時制御モード及び正常時制御モードでは、第 1 操舵角センサ 14 が検出した操舵角に対応する転舵角（操舵輪の転舵角）が得られるように、かつ、そのためにモータシャフト 39 に必要な推力が得られるように第 1 駆動回路 55 を介して第 1 モータ 36 を舵取制御を実行する。

#### 【0051】

詳説すると、位置制御部 21A は、第 1 操舵角センサ 14 が検出した操舵角を位置指令として入力するとともに、第 1 回転角センサ 52 からの検出信号を入力し、同信号に基づいてモータシャフト 39 のステータ 38 に対する回転角を算出する。第 1 回転角センサ 52 からの検出信号は電動モータの位置情報に相当する。

#### 【0052】

位置制御部 21A は、算出した電動モータ（第 1 モータ 36）の回転角と、位置指令としての操舵角に基づく操舵位置との偏差を演算し、その偏差に対して、位置制御に必要な所定のゲインを乗算し、その乗算値をトルク指令  $\Delta P$  としてトルク分配部 21B に供給する。

#### 【0053】

トルク指令  $\Delta P$  は位置制御による演算結果に基づいて生成された第 1 トルク指令に相当する。

位置制御部 21A では、位置フィードバック制御が行われ、指令値（位置指令）とフィードバック値（第 1 モータ 36 の回転角）の偏差が 0 になるように制御する。

#### 【0054】

トルク分配部 21B は、供給されたトルク指令  $\Delta P$  を所定の分配比で分配し、



分配したトルク指令 $\Delta P1$ とトルク指令 $\Delta P2$ とをそれぞれ第1システムSY1の電流制御部21Cと第2システムSY2の電流制御部22Cに供給する。

#### 【0055】

なお、トルク分配部21Bは、操舵制御装置に含まれる両システムが正常時において、車両のエンジン始動時での分配比をエンジンの始動時以外のときの分配比と異なるようにし、その分配比を可変する。

#### 【0056】

本実施形態では、車両のエンジン始動時（始動時制御モード）での分配比は50：0（＝ $\Delta P1$ ： $\Delta P2$ ）とされ、車両のエンジン始動時以外（正常時制御モード）の分配比は50：50（＝ $\Delta P1$ ： $\Delta P2$ ）とされている。

#### 【0057】

第1ECU21による第1モータ36の舵取制御は、転舵角が操舵角と対応するように制御する位置制御と、そのためにモータシャフト39に必要な推力、すなわち、出力トルクを得るためのトルク制御とが含まれる。

#### 【0058】

図6は、電流制御部21Cの制御ブロック図である。

電流制御部21Cは、トルク電流変換部61、PI制御部64、PI制御部65、d/q逆変換部66、パルス幅変調部67（PWM）、d/q変換部68、角度検出部69等を備えている。

#### 【0059】

正常時制御モードでは、電流制御部21Cは、トルク指令 $\Delta P1$ と、第1回転角センサ52の検出信号、及び後述する電流センサ71、72から、第1モータ36に対する3相の励磁電流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ のうちの2つの励磁電流 $i_u$ 、 $i_v$ に係る電流検出値信号を入力する。

#### 【0060】

すなわち、角度検出部69は、第1回転角センサ52の検出信号に基づいて回転角 $\theta$ を演算し、d/q変換部68に入力する。

なお、d/q変換部68には、演算器70にて励磁電流 $i_u$ 、 $i_v$ に基づいて計算された励磁電流 $i_w$ （電流検出値信号）が入力される。

## 【0061】

これらの励磁電流  $i_u$ ,  $i_v$ ,  $i_w$  は第1モータ36の実電流に相当する。

d/q変換部68は前記電流検出値信号と、回転角  $\theta$  を用いて d/q 変換し、電流値  $i_d$ ,  $i_q$  とする。

## 【0062】

なお、d/q変換とは、電動モータの回転子の磁束と同一方向を d 軸とし、d 軸と直交する方向を q 軸とした直交座標を設定し、その直交座標に対して各相に流れる交流電流のベクトルを写像することにより、交流を直流に変換する公知の手法である。

## 【0063】

又、トルク電流変換部61は前記トルク指令  $\Delta P_1$  を q 軸電流指令値  $i_q^*$  に変換する。偏差演算部63は q 軸電流指令値  $i_q^*$  と d/q 変換部68からの電流値  $i_q$  との偏差  $\Delta I_q$  を演算する。

## 【0064】

一方、偏差演算部62は d 軸電流指令値  $i_d^*$  と、d/q 変換部68からの電流値  $i_d$  との偏差  $\Delta I_d$  を演算する。なお、ブラシレス DC モータは回転子がマグネットであり、励磁電流を流す必要がないことから、d 軸電流指令値  $i_d^* = 0$  である。

## 【0065】

PI 制御部64は偏差  $\Delta I_d$  を入力し、比例積分するとともに、電圧方程式を用いて、d 軸電圧指令値  $V_d^*$  を演算する。PI 制御部65は偏差  $\Delta I_q$  を入力し、比例積分するとともに、電圧方程式を用いて、q 軸電圧指令値  $V_q^*$  を演算する。

## 【0066】

d/q 逆変換部66は d 軸電圧指令値  $V_d^*$  及び q 軸電圧指令値  $V_q^*$  を入力し、電圧指令値  $V_u^*$ ,  $V_v^*$ ,  $V_w^*$  を演算する。そして、パルス幅変調部67は電圧指令値  $V_u^*$ ,  $V_v^*$ ,  $V_w^*$  を入力し、それぞれ対応するパルス幅を有するパルス信号 (PWM 制御信号) を第1駆動回路55へ出力する。第1駆動回路55は、それらのパルス信号 (PWM 制御信号) に基づいて第1モータ36

の各相へ駆動電圧を印加する。

#### 【0067】

以上のようにして、電流制御部 21C では、電流のフィードバック制御（以下、電流フィードバック制御という）が行われ、指令値（トルク指令  $\Delta P1$ ）とフィードバック値（第 1 モータ 36 の電流値  $i_q$  及び電流値  $i_d$ ）の偏差が 0 になるように制御する。

#### 【0068】

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

（第 1 システム SY1 のフェイル時）

第 1 システム SY1 がフェイル時には、図 7 に示すように第 1 システム SY1 の第 1 ECU 21 は、第 1 モータ 36 の制御を停止する。

#### 【0069】

2. 第 2 ECU 22 について

第 2 ECU 22 は、マイクロコンピュータを基本にして演算、処理及び記憶等の各種機能から構成され、始動時制御モード、正常時制御モードと、フェイル時制御モードを実行する。

#### 【0070】

第 2 ECU 22 は、始動時制御モード及び正常時制御モードでは、図 5 に示すように電流制御部 22C を備え、フェイル時制御モードでは、図 7 に示すように、位置制御部 22A、電流制御部 22C を備える。

#### 【0071】

（第 2 ECU 22 の始動時制御モード及び正常時制御モード）

始動時制御モード及び正常時制御モードでは、図 5 に示すように電流制御部 22C は、トルク指令  $\Delta P2$  と、第 2 回転角センサ 53 の検出信号、及び後述する電流センサ 71, 72 から、第 2 モータ 37 に対する 3 相の励磁電流  $i_u$ ,  $i_v$ ,  $i_w$  のうちの 2 つの励磁電流  $i_u$ ,  $i_v$  に係る電流検出値信号を入力する。

#### 【0072】

なお、電流制御部 22C では、図 6 に示す電流制御部 21C と同様に、トルク電流変換部、一対の P I 制御部、d/q 逆変換部、パルス幅変調部、d/q 変換

部、角度検出部等を備えている。

#### 【0073】

正常時制御モードでの電流制御部 22C は、電流制御部 21C と同様の構成のため、図 6 で示す電流制御部 21C の構成と同一構成又は相当する構成については、同一符号を付してその説明を省略する。

#### 【0074】

これらの各部は、電流制御部 21C の各部と同様にトルク指令  $\Delta P2$ 、第 2 回転角センサ 53 の検出信号、及び後述する電流センサ 71, 72 からの励磁電流  $i_u$ ,  $i_v$  に係る電流検出値信号を処理する。この処理により、第 2 ECU 22 からは、パルス信号 (PWM 制御信号) を第 2 駆動回路 57 へ出力する。第 2 駆動回路 57 は、それらのパルス信号 (PWM 制御信号) に基づいて第 2 モータ 37 の各相へ駆動電圧を印加する。

#### 【0075】

以上のようにして、電流制御部 22C では、電流フィードバック制御が行われ、指令値 (トルク指令  $\Delta P2$ ) とフィードバック値 (第 2 モータ 37 の電流値  $i_q$  及び電流値  $i_d$ ) の偏差が 0 になるように制御する。

#### 【0076】

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

なお、始動時制御モードでは、トルク分配部 21B は分配比を 50 : 0 ( $= \Delta P1 : \Delta P2$ ) としているため、電流制御部 22C に入力されるトルク指令  $\Delta P2$  は 0 である。従って、第 2 ECU 22 は、実際には、第 2 モータ 37 を駆動制御することはない。

#### 【0077】

(第 2 ECU 22 のフェイル時制御モード)

フェイル時制御モードにおける、第 2 ECU 22 による第 2 モータ 37 の舵取制御は、転舵角が操舵角と対応するように制御する位置制御と、そのためにモータシャフト 39 に必要な推力、すなわち、出力トルクを得るためのトルク制御とが含まれる。

#### 【0078】

すなわち、フェイル時制御モードでは、第2 ECU 22は、第2操舵角センサ15が検出した操舵角に対応する転舵角（操舵輪の転舵角）が得られるように、かつ、そのためにモータシャフト39に必要な推力が得られるように第2駆動回路57を介して第2モータ37を舵取制御を実行する。

#### 【0079】

詳説すると、位置制御部22Aは、第2操舵角センサ15が検出した操舵角を位置指令として入力するとともに第2回転角センサ53からの検出信号を入力し、同信号に基づいてモータシャフト39のステータ38に対する回転角を算出する。

#### 【0080】

第2回転角センサ53からの検出信号は第2モータ37（電動モータ）の位置情報に相当する。

位置制御部22Aは、算出した電動モータ（第2モータ37）の回転角と、位置指令としての操舵角に基づく操舵位置との偏差を演算し、その偏差に対して、位置制御に必要な所定のゲインを乗算し、その乗算値をトルク指令 $\Delta P3$ として電流制御部22Cに供給する。

#### 【0081】

トルク指令 $\Delta P3$ は第2トルク指令に相当する。

位置制御部22Aでは、位置制御が行われ、指令値（位置指令）及びフィードバック値（第2モータ37の回転角）の偏差が0になるように制御する。

#### 【0082】

又、トルク指令 $\Delta P3$ は下記のように設定されている。

すなわち、車両走行中は路面反力が小さいことから、車両走行中において第2モータ37のみでモータシャフト39を駆動した場合に得られる推力（出力トルク）による転舵範囲が、操舵制御装置に含まれる両システムの正常時に得られる転舵範囲と同じになるように、トルク指令 $\Delta P3$ は設定されている。

#### 【0083】

なお、車両が走行停止した場合において、据え切り操舵を行ったときには、路面反力が大きいため、前記トルク指令 $\Delta P3$ に基づいた第2モータ37のみの推

力では、操舵制御装置に含まれる両システムが正常時よりも範囲が狭まった転舵範囲が得られるものとされている。

#### 【0084】

本実施形態では、トルク指令 $\Delta P3$ は正常時制御モードでのトルク指令 $\Delta P2$ と同じ値とされている。

フェイル時制御モードでの、電流制御部22Cは、正常時制御モードでの電流制御部21Cと同様の構成であるため、図6で示す電流制御部21Cの構成と同一構成又は相当する構成については、同一符号を付してその説明を省略する。

#### 【0085】

なお、本実施形態では、電流制御部22CのPI制御部64，PI制御部65では、正常時制御モードのときと電流ループゲインが異なるようにされている。なお、電流ループゲインは、PI制御部64，PI制御部65における積分ゲイン及び比例ゲインのことである。フェイル時制御モードでのこれらのゲインは、正常時制御モードのこれらのゲインよりも大きく設定されている。

#### 【0086】

フェイル時制御モードでの電流ループゲインが正常時制御モードの電流ループゲインよりも大きくされていることにより、ステアリングホイール10の操作に対する応答性の低下が生ぜず、又、ステアリングホイール10の操作への追従性が低下しないようにされている。

#### 【0087】

電流制御部22Cの各部は、トルク指令 $\Delta P3$ 、第2回転角センサ53の検出信号、及び後述する電流センサ71，72からの励磁電流 $i_u$ ， $i_v$ に係る電流検出値信号を処理する。この処理により、第2ECU22からは、パルス信号（PWM制御信号）を第2駆動回路57へ出力する。第2駆動回路57は、それらのパルス信号（PWM制御信号）に基づいて第2モータ37の各相へ駆動電圧を印加する。

#### 【0088】

以上のようにして、フェイル時制御モードにおいて、電流制御部22Cでは、電流制御が行われ、指令値（トルク指令 $\Delta P3$ ）及びフィードバック値（第2モ

ータ 37 の電流値  $i_q$  及び電流値  $i_d$  ) の偏差が 0 になるように制御する。

#### 【0089】

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

(第 1 駆動回路 55、第 2 駆動回路 57)

上記のように本実施形態の操舵制御装置は、2つのシステムを備えた冗長な構成とされている。

#### 【0090】

1つのシステム、すなわち第 1 システム SY1 は、第 1 ECU 21、第 1 操舵角センサ 14、第 1 駆動回路 55 及び第 1 モータ 36 などから構成されている。

他の残りのシステム、すなわち他の 1つのシステム (第 2 システム SY2) は、第 2 ECU 22、第 2 操舵角センサ 15、第 2 駆動回路 57 及び第 2 モータ 37 などから構成されている。

#### 【0091】

ここで、第 1 駆動回路 55 の構成及びその周辺回路の詳細を図 4 を参照して説明する。図 4 は第 1 駆動回路 55 及びその周辺回路の電気回路図である。

なお、第 2 駆動回路 57 及びその周辺回路は第 1 駆動回路 55 及びその周辺回路と同じ構成であるため、第 2 駆動回路 57 及びその周辺回路の説明は省略する。この代わりに、図 4 中には、括弧内に、第 2 駆動回路 57 及びその周辺回路の符号を、第 1 駆動回路 55 とその周辺回路の説明した構成に対応して付するものとする。

#### 【0092】

第 1 駆動回路 55 は、FET (Field-Effect Transistor) 81U、82U の直列回路と、FET 81V、82V の直列回路と、FET 81W、82W の直列回路とを並列に接続して構成されている。各直列回路には、車両に搭載されたバッテリー B、あるいは発電機の電圧が印加されている。図 1 及び図 4 では、各直列回路はバッテリー B に接続されていることが図示されている。そして、FET 81U、82U 間の接続点 83U が第 1 モータ巻線 41 の U 相巻線に接続され、FET 81V、82V 間の接続点 83V が第 1 モータ巻線 41 の V 相巻線に接続され、FET 81W、82W 間の接続点 83W が第 1 モータ巻線 41 の W 相巻線に接続

されている。

【0093】

3相の励磁電流路のうちの2つには電流センサ71, 72が設けられ、各電流センサ71, 72は、第1モータ36に対する3相の励磁電流 $i_u$ ,  $i_v$ ,  $i_w$ のうちの2つの励磁電流 $i_u$ ,  $i_v$ を検出して第1ECU21に出力する。

【0094】

FET81U, 82U、FET81V, 82V及びFET81W, 82Wには、第1ECU21からPWM制御信号が入力される。

第1駆動回路55は、PWM制御信号に対応した3相の励磁電流を発生して、3相の励磁電流路を介して第1モータ36にそれぞれ供給する。

【0095】

図1、図4において、バッテリーB（又は発電機）と直列回路印加点Q1との間に、電源リレー90が設けられている。電源リレー90は常閉リレー接点であって、第2ECU22の制御信号により、オフする。

【0096】

さらに、第1駆動回路55のFET81UとFET82Uの接続点83Uと、第1モータ36のU相巻線の接続点間には、相開放リレー210が設けられている。又、第1駆動回路55のFET81WとFET82Wの接続点83Wと、第1モータ36のW相巻線の接続点間には、相開放リレー220が設けられている。相開放リレー210, 220は、常閉リレー接点であって、第2ECU22の制御信号により、オフする。

【0097】

又、第1ECU21及び第2ECU22は、自らが演算した第1モータ36及び第2モータ37のそれぞれの実際の回転角や、自身のシステムのセンサ類の検出値や、モータ制御に必要な他の情報及びエラー情報（異常判定信号）を常に相互に通信して交換する相互監視機能（ウォッチ・ドッグ機能）を備える。例えば、共通のモータシャフト39であるため、両ECUがそれぞれ演算したモータシャフト39の回転角が一致したとき、各ECUはそれぞれ他のECUが正常であると判定し、異常であれば、エラー情報（異常判定信号）を他のECUに通信す



る。なお、以下の説明では、エラー情報は、第1 ECU 21から第2 ECU 22へのものは、 $\alpha 12$ とし、第2 ECU 22から第1 ECUへのものは $\alpha 21$ としている。

#### 【0098】

そして、1つのシステムが、他のシステムに関して異常であると判定すると、同1つのシステムは他のシステムの電源リレー90、相開放リレー210、相開放リレー220をオフする。

#### 【0099】

このように第1 ECU 21、第2 ECU 22はそれぞれ第1システムSY1及び第2システムSY2の制御手段及び故障検出手段に相当する。

#### （第1実施形態の作用）

さて、上記のように構成された、操舵制御装置の作用を説明する。

#### 【0100】

図8は、第1 ECU 21が所定周期毎に実行する舵取制御の制御プログラムのフローチャートである。

S10では、図示しないエンジンが始動されたか、或いは始動後か否かを判定する。この判定は、図示しないイグニッションスイッチのオン信号の入力が第1システムSY1の第1 ECU 21にあったか否か、すなわち、前記オン信号の立ち上がりエッジの発生があってから、所定時間内か否かにより判定する。エンジンが始動された場合には、S20において、第1 ECU 21は始動時制御モードに入り、このステップを一旦終了する。

#### 【0101】

従って、イグニッションスイッチのオン信号の入力から所定時間内は第1システムSY1の第1 ECU 21は始動時制御モードとなる。又、第2システムSY2の第2 ECU 22は、第1 ECU 21からのトルク指令 $\Delta P2$ の入力により、始動時制御モードとなる。

#### 【0102】

イグニッションスイッチのオン信号の入力から所定時間を経過した場合には、S10の判定は「NO」となり、S30において、第1システムSY1が異常状

態となっていないか否かを判定する。

【0103】

この判定は、第2 ECU 22からのエラー情報 $\alpha$  21（異常判定信号）に基づいて判定する。

なお、第2 ECU 22と第1 ECU 21は、図示しない通信回線にて連結されており、第1 ECU 21から入力される演算した第1モータ36の実際の回転角、自身のシステムのセンサ類の検出値やモータ制御に必要な他の情報に基づいて第1システムSY1が異常か否かを判定している。

【0104】

第1システムSY1の異常にはセンサ類（第1操舵角センサ14）の異常、第1 ECU 21の異常、第1駆動回路55の異常等、第1システムSY1を構築する各構成の異常が含まれる。

【0105】

S30において、第2 ECU 22からのエラー情報 $\alpha$  21（異常判定信号）に基づいて、第1システムSY1は正常であると判定すると、S40において、正常時制御モードの処理を実行し、一旦この処理を終了する。S40では、それぞれのシステムにおいて、第1モータ36及び第2モータ37は、分配されたトルク指令 $\Delta P$  1と、トルク指令 $\Delta P$  2に基づいて同時に駆動される。

【0106】

一方、第2システムSY2では、第1 ECU 21の正常時制御モードによる第1 ECU 21からのトルク指令 $\Delta P$  2の入力があることにより、正常時制御モードとなる。

【0107】

S30において、第2 ECU 22からエラー情報 $\alpha$  21に基づいて第1システムSY1が異常であると判定すると、S50において、フェイル時処理を実行し、このフローチャートを終了する。フェイル時処理とは、第1駆動回路55へのPWM制御信号の入力を停止することである。又、第2 ECU 22は、エラー情報 $\alpha$  21の出力と同時に第1システムSY1の電源リレー90及び相開放リレー210, 220をオフする。

**【0108】**

この結果、第1モータ36の第1モータ巻線41への励磁電流の供給が絶たれる。このとき、第1モータ36の分の推力（出力トルク）はなくなる。

一方、第2システムSY2の第2ECU22は、エラー情報 $\alpha$ 21の出力を行うと、フェイル時制御モードに入る。

**【0109】**

このとき、第2システムSY2の第2モータ37は継続して駆動されているため、モータシャフト39の推力（出力トルク）は半分になる。なお、このように他のシステムが異常になった際にも、残りのシステムの第2ECU22は、正常時の出力トルク（出力）と同じ出力トルク（出力）となるように制御する。

**【0110】**

しかし、車両が走行中においては、正常時のモータシャフト39の推力（出力トルク）の半分の推力（出力トルク）であっても、十分に前輪T（操舵輪）の転舵が可能である。

**【0111】**

又、第1システムSY1では相開放リレー210、220がオフされているため、第1モータ36では発電することがなく、第2モータ37の推力を減殺する発電制動が生ずることはない。

**【0112】**

本実施形態によれば、以下のような特徴を得ることができる。

(1) 本実施形態の操舵制御装置では、舵取機構200の前輪T（操舵輪）上に同軸形状に一体配置された2個の概同一性能の第1モータ36、第2モータ37と、各モータを制御する第1ECU21及び第2ECU22（制御手段）を含む複数のシステムを備えた。そして、各システムのモータを同時に制御して共通の舵取機構200を駆動するようにした。

**【0113】**

又、第1システムSY1の第1ECU21は、ステアリングホイール10（操舵ハンドル）の操舵位置と自身のシステムのモータの位置情報に基づいて舵取機構200を駆動するために必要となるトルク指令 $\Delta P$ （第1トルク指令）を生成

し、トルク指令 $\Delta P$ をシステムの数に応じて分配した。そして、第1 ECU 21は分配後の自身のシステム用のトルク指令 $\Delta P_1$ に基づいてモータに対してトルク制御を行うようにした。さらに、他のシステムの第2 ECU 22（制御手段）は、当該システムに分配されたトルク指令 $\Delta P_2$ に基づいて当該システムのモータに対してトルク制御を行うようにした。

#### 【0114】

このように、1つのシステムが、上位制御ループ(位置制御)を統括して、操舵制御装置全体に必要なトルクを算出し、それを他のシステムにトルク指令として分配して、各システムは各自でトルク制御(下位制御ループ)を行うようにした。

#### 【0115】

この結果、2つのシステムの各モータを同時駆動する際、位置制御を第1システムSY1でのみ行っているため、両モータのトルク干渉の問題はなく、トルク干渉に起因したトルクの低下を生ずることがない。そして、トルクの低下が生ずることがないため、ステアリングホイール10の操作に対する応答性の低下が生ぜず、ステアリングホイール10の操作への追従性が低下することもない。

#### 【0116】

又、トルク干渉がないため、異音、振動、発熱の発生を抑えることができる効果を奏する。

図9は従来の構成の参考例である。

#### 【0117】

この場合、第1システムSY1において、位置制御部21A、電流制御部21Cを備え、第2システムSY2において、位置制御部22A、電流制御部22Cを備えた場合を示している。なお、図9においては、説明の便宜上、各部には本実施形態の構成に相当する部分については、同一符号を付して、その説明を省略する。

#### 【0118】

このように構成した場合には、各システムにおいて、第1モータ36、第2モータ37に設けた第1回転角センサ52、第2回転角センサ53による各モータの回転角に基づいて位置フィードバック制御が行われる。しかし、各モータの組

付誤差や、第1回転角センサ52、第2回転角センサ53の組付誤差などにより、各モータは異なった位置に制御されてしまい、発生トルクの方が合わずにトルクが低下したり、異音や振動が発生したり、さらには電動モータが発熱してしまう問題がある。

#### 【0119】

第1実施形態では、このようなことはない。

(2) 第1実施形態では、第1ECU21、及び第2ECU22はそれぞれ自身のシステム以外の他のシステムの故障検出を行う故障検出手段とした。そして、トルク指令 $\Delta P10$ を生成していた第1システムSY1が故障した場合、第2システムSY2の第2ECU22（制御手段）は、ステアリングホイール10の操舵位置と自身のシステムのモータの位置情報に基づいてトルク指令 $\Delta P3$ （第2トルク指令）を生成した。

#### 【0120】

そして、トルク指令 $\Delta P3$ （第2トルク指令）を正常なシステムの数（第1実施形態では1つ）に応じて分配し、分配後の自身のシステム用のトルク指令 $\Delta P3$ に基づいてモータに対してトルク制御を行うようにした。

#### 【0121】

この結果、第1システムSY1が故障した場合でも、第2システムSY2が第2モータ37を駆動制御することができ、バックアップすることができる。

このように、1つのシステムが故障した場合、故障したシステムの中に上位制御ループ(位置制御)を統括していたシステムが含まれている場合、他の正常なシステムの1つが上位制御ループを新たに統括し、改めて算出された全体必要トルクを正常なシステムの数に応じて分配するようにした。

#### 【0122】

そして、複数の概同一性能のモータが同軸上に一体に配置されていることにより、モータ性能差による制約がないため、故障時のトルクの分配が容易となり、性能低下も防ぐことができる。

#### 【0123】

(3) 第1実施形態は、第1システムSY1が故障した場合、第2システム

S Y 2 の電流制御部 2 2 C は正常時制御モードの場合よりもその電流ループゲインを大きくし、第 1 システム S Y 1 が故障した時のステアリングホイール 1 0 の操作に対する応答性の低下を補うようにした。

#### 【0124】

この結果、第 1 システム S Y 1 が故障した場合には、ステアリングホイール 1 0 の操作に対する応答性の低下を抑制できる効果がある。

#### （第 2 実施形態）

次に第 2 実施形態を図 1 0 及び図 1 1 を参照して説明する。

#### 【0125】

本実施形態の操舵制御装置のハード構成は、第 1 実施形態と同じ構成であるため、第 1 実施形態と同一構成又は相当する構成については、同一符号を付してその説明を省略し、異なるところを中心に説明する。

#### 【0126】

第 1 実施形態では、位置フィードバック制御、電流フィードバック制御を実行するようにしたが、本実施形態では、位置フィードバック、電流フィードバック制御の他にさらに速度フィードバック制御を行うところが異なっている。

#### 【0127】

（第 1 E C U 2 1 の始動時制御モード、及び正常時制御モード）

図 1 0 の一点鎖線内は、第 1 システム S Y 1 の正常時制御モードにおける第 1 E C U 2 1 及び第 2 E C U 2 2 の制御ブロックの構成を示している。

#### 【0128】

第 1 E C U 2 1 は、始動時制御モード及び正常時制御モードでは、第 1 操舵角センサ 1 4 が検出した操舵角に対応する転舵角（操舵輪の転舵角）が得られるように、かつ、そのためにモータシャフト 3 9 に必要な推力が得られるように第 1 駆動回路 5 5 を介して第 1 モータ 3 6 の舵取制御を実行する。

#### 【0129】

詳説すると、位置制御部 2 1 A は、第 1 操舵角センサ 1 4 が検出した操舵角を位置指令として入力するとともに、第 1 回転角センサ 5 2 からの検出信号を入力し、同信号に基づいてモータシャフト 3 9 のステータ 3 8 に対する回転角を算

出する。第1回転角センサ52からの検出信号は電動モータの位置情報に相当する。

#### 【0130】

位置制御部21Aは、算出した電動モータ（第1モータ36）の回転角と、位置指令としての操舵角に基づく操舵位置との偏差を演算し、その偏差に対して、位置制御に必要な所定のゲインを乗算し、その乗算値を速度指令C1として速度制御部21Dに供給する。

#### 【0131】

微分処理部21Eは、第1回転角センサ52からの検出信号を入力して同信号に基づいてモータ速度を算出し、速度制御部21Dにその算出値を入力する。

速度制御部21Dは、速度指令C1と、モータ速度との偏差を演算し、その偏差に対して、速度制御に必要な所定のゲインを乗算し、その乗算値をトルク指令 $\Delta P10$ としてトルク分配部21Bに供給する。

#### 【0132】

トルク指令 $\Delta P10$ は速度制御による演算結果に基づいて生成された第1トルク指令に相当する。

トルク分配部21Bは、供給されたトルク指令 $\Delta P10$ を所定の分配比で分配し、分配したトルク指令 $\Delta P11$ とトルク指令 $\Delta P12$ とをそれぞれ第1システムSY1の電流制御部21Cと第2システムSY2の電流制御部22Cに供給する。

#### 【0133】

本実施形態においても、第1実施形態と同様にトルク分配部21Bは、操舵制御装置に含まれる両システムが正常時において、車両のエンジン始動時での分配比をエンジンの始動時以外のときの分配比と異なるようにし、その分配比を可変する。

#### 【0134】

すなわち、車両のエンジン始動時（始動時制御モード）での分配比は50：0（= $\Delta P11$ ： $\Delta P12$ ）とされ、車両のエンジン始動時以外（正常時制御モード）の分配比は50：50（= $\Delta P11$ ： $\Delta P12$ ）とされている。

**【0135】**

第1 ECU 21による第1モータ36の舵取制御は、転舵角が操舵角と対応するように制御する位置制御と、速度指令C1にモータ速度が対応するように制御する速度制御と、そのためにモータシャフト39に必要な推力、すなわち、出力トルクを得るためのトルク制御とが含まれる。

**【0136】**

電流制御部21Cの構成は、第1実施形態と同様の構成であるため、説明を省略する。

従って、電流制御部21Cでは、電流フィードバック制御が行われ、指令値（トルク指令 $\Delta P11$ ）とフィードバック値（第1モータ36の電流値 $i_q$ 及び電流値 $i_d$ ）の偏差が0になるように制御する。

**【0137】**

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

（第1システムSY1のフェイル時）

第1システムSY1がフェイル時には、図11に示すように第1システムSY1の第1 ECU 21は、第1モータ36の制御を停止する。

**【0138】**

1. 第2 ECU 22について

第2 ECU 22は、マイクロコンピュータを基本にして演算、処理及び記憶等の各種機能から構成され、始動時制御モード、正常時制御モードと、フェイル時制御モードを実行する。

**【0139】**

第2 ECU 22は、始動時制御モード及び正常時制御モードでは、図10に示すように電流制御部22Cを備え、フェイル時制御モードでは、図11に示すように、位置制御部22A、電流制御部22C、速度制御部22D、微分処理部22Eを備える。

**【0140】**

（第2 ECU 22の始動時制御モード及び正常時制御モード）

始動時制御モード及び正常時制御モードでは、図10に示すように電流制御部



22Cは、トルク指令 $\Delta P12$ と、第2回転角センサ53の検出信号、及び電流センサ71, 72から、第2モータ37に対する3相の励磁電流 $i_u$ ,  $i_v$ ,  $i_w$ のうちの2つの励磁電流 $i_u$ ,  $i_v$ に係る電流検出値信号を入力する。

【0141】

なお、電流制御部22Cでは、電流制御部21Cと同様に、トルク電流変換部、一対のPI制御部、d/q逆変換部、パルス幅変調部、d/q変換部、角度検出部等を備えている。

【0142】

正常時制御モードでの電流制御部22Cは、電流制御部21Cと同様の構成のため、電流制御部21Cの構成と同一構成又は相当する構成については、同一符号を付してその説明を省略する。

【0143】

これらの各部は、電流制御部21Cの各部と同様にトルク指令 $\Delta P12$ 、第2回転角センサ53の検出信号、及び後述する電流センサ71, 72からの励磁電流 $i_u$ ,  $i_v$ に係る電流検出値信号を処理する。この処理により、第2ECU22からは、パルス信号(PWM制御信号)を第2駆動回路57へ出力する。第2駆動回路57は、それらのパルス信号(PWM制御信号)に基づいて第2モータ37の各相へ駆動電圧を印加する。

【0144】

以上のようにして、電流制御部22Cでは、電流フィードバック制御が行われ、指令値(トルク指令 $\Delta P12$ )とフィードバック値(第2モータ37の電流値 $i_q$ 及び電流値 $i_d$ )の偏差が0になるように制御する。

【0145】

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

なお、始動時制御モードでは、トルク分配部21Bは分配比を50:0(= $\Delta P11$ : $\Delta P12$ )としているため、電流制御部22Cに入力されるトルク指令 $\Delta P12$ は0である。従って、第2ECU22は、実際には、第2モータ37を駆動制御することはない。

【0146】

**(第 2 E C U 2 2 のフェイル時制御モード)**

フェイル時制御モードにおける、第 2 E C U 2 2 による第 2 モータ 3 7 の舵取制御は、転舵角が操舵角と対応するように制御する位置制御と、速度指令 C 2 にモータ速度が対応するように制御する速度制御と、そのためにモータシャフト 3 9 に必要な推力である出力トルクを得るためのトルク制御とが含まれる。

**【 0 1 4 7 】**

フェイル時制御モードでは、第 2 E C U 2 2 は、第 2 操舵角センサ 1 5 が検出した操舵角に対応する転舵角（操舵輪の転舵角）が得られるように、かつ、そのためにモータシャフト 3 9 に必要な推力が得られるように第 2 駆動回路 5 7 を介して第 2 モータ 3 7 の舵取制御を実行する。

**【 0 1 4 8 】**

詳説すると、位置制御部 2 2 A は、第 2 操舵角センサ 1 5 が検出した操舵角を位置指令として入力するとともに第 2 回転角センサ 5 3 からの検出信号を入力し、同信号に基づいてモータシャフト 3 9 のステータ 3 8 に対する回転角を算出する。

**【 0 1 4 9 】**

第 2 回転角センサ 5 3 からの検出信号は第 2 モータ 3 7（電動モータ）の位置情報に相当する。

位置制御部 2 2 A は、算出した電動モータ（第 2 モータ 3 7）の回転角と、位置指令としての操舵角に基づく操舵位置との偏差を演算し、その偏差に対して、位置制御に必要な所定のゲインを乗算し、その乗算値を速度指令 C 2 として速度制御部 2 2 D に供給する。

**【 0 1 5 0 】**

微分処理部 2 2 E は、第 2 回転角センサ 5 3 からの検出信号を入力して同信号に基づいてモータ速度を算出し、速度制御部 2 2 D にその算出値を入力する。

速度制御部 2 2 D は、速度指令 C 2 と、モータ速度との偏差を演算し、その偏差に対して、速度制御に必要な所定のゲインを乗算し、その乗算値をトルク指令  $\Delta P 1 3$  として電流制御部 2 2 C に供給する。

**【 0 1 5 1 】**

トルク指令  $\Delta P 1 3$  は速度制御による演算結果に基づいて生成された第 2 トルク指令に相当する。

速度制御部 2 2 D では、速度制御が行われ、指令値（速度指令  $C 2$ ）及びフィードバック値（第 2 モータ 3 7 のモータ速度）の偏差が 0 になるように制御する。

#### 【0 1 5 2】

又、トルク指令  $\Delta P 1 3$  は下記のように設定されている。

すなわち、車両走行中は路面反力が小さいことから、車両走行中において第 2 モータ 3 7 のみでモータシャフト 3 9 を駆動した場合に得られる推力（出力トルク）による転舵範囲が、操舵制御装置に含まれる両システムの正常時に得られる転舵範囲と同じになるように、トルク指令  $\Delta P 1 3$  は設定されている。

#### 【0 1 5 3】

なお、車両が走行停止した場合において、据え切り操舵を行ったときには、路面反力が大きいいため、前記トルク指令  $\Delta P 1 3$  は、第 2 モータ 3 7 のみでの推力では、操舵制御装置に含まれる両システムが正常時よりも範囲が狭まった転舵範囲が得られるものに設定されている。

#### 【0 1 5 4】

本実施形態では、トルク指令  $\Delta P 1 3$  は正常時制御モードでのトルク指令  $\Delta P 1 2$  と同じ値とされている。

フェイル時制御モードでの、電流制御部 2 2 C は、正常時制御モードでの電流制御部 2 1 C と同様の構成であるため、図 6 で示す電流制御部 2 1 C の構成と同一構成又は相当する構成については、同一符号を付してその説明を省略する。

#### 【0 1 5 5】

なお、本実施形態では、電流制御部 2 2 C の P I 制御部 6 4，P I 制御部 6 5 では、正常時制御モードのときと電流ループゲインが異なるようにされている。

なお、電流ループゲインは、P I 制御部 6 4，P I 制御部 6 5 における積分ゲイン及び比例ゲインのことである。フェイル時制御モードでのこれらのゲインは、正常時制御モードのこれらのゲインよりも大きく設定されている。

#### 【0 1 5 6】

フェイル時制御モードでの電流ループゲインが正常時制御モードの電流ループゲインよりも大きくされていることにより、ステアリングホイール 10 の操作に対する応答性の低下が生ぜず、又、ステアリングホイール 10 の操作への追従性が低下しないようにされている。

#### 【0157】

電流制御部 22C の各部は、トルク指令  $\Delta P13$ 、第 2 回転角センサ 53 の検出信号、及び電流センサ 71、72 からの励磁電流  $i_u$ 、 $i_v$  に係る電流検出値信号を処理する。この処理により、第 2 ECU 22 からは、パルス信号（PWM 制御信号）を第 2 駆動回路 57 へ出力する。第 2 駆動回路 57 は、それらのパルス信号（PWM 制御信号）に基づいて第 2 モータ 37 の各相へ駆動電圧を印加する。

#### 【0158】

以上のようにして、フェイル時制御モードにおいて、電流制御部 22C では、電流制御が行われ、指令値（トルク指令  $\Delta P13$ ）及びフィードバック値（第 2 モータ 37 の電流値  $i_q$  及び電流値  $i_d$ ）の偏差が 0 になるように制御する。

#### 【0159】

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

第 2 実施形態においても、第 1 ECU 21、第 2 ECU 22 はそれぞれ第 1 システム SY1 及び第 2 システム SY2 の制御手段及び故障検出手段に相当する。

#### 【0160】

（第 2 実施形態の作用）

第 2 実施形態においても、第 1 実施形態と同様に第 1 ECU 21 は図 8 に示す舵取制御の制御プログラムのフローチャートを所定周期毎に実行する。このとき、第 2 ECU 22 は、第 1 実施形態と同様に作動する。

#### 【0161】

従って、第 2 実施形態によれば、以下のような特徴を得ることができる。

（1） 第 2 実施形態の操舵制御装置では、正常時制御モードにおいて、第 1 システム SY1 の第 1 ECU 21（制御手段）は、ステアリングホイール 10（操舵ハンドル）の操舵位置と第 1 モータ 36 の位置情報に基づいて位置制御を行

うようにした。さらに、第1 ECU 21は、指令値（速度指令C 2）及びフィードバック値（第2 モータ 37のモータ速度）に基づいて速度制御を行うようにした。

#### 【0162】

併せて、第1 ECU 21（制御手段）は、速度制御による演算結果に基づいてトルク指令 $\Delta P10$ （第1トルク指令）を生成し、トルク指令 $\Delta P10$ をシステムの数に応じて分配した。そして、第1 ECU 21は、分配後の自身のシステム用のトルク指令 $\Delta P11$ 及び自身のシステムの第1モータ 36の実電流（励磁電流 $i_u$ ,  $i_v$ ,  $i_w$ ）に基づいて第1モータ 36に対してトルク制御を行うようにした。

#### 【0163】

又、第2システムSY 2の第2 ECU 22（制御手段）は、正常時制御モードにおいて、第2システムSY 2に分配されたトルク指令 $\Delta P12$ 及び第2モータ 37の実電流（励磁電流 $i_u$ ,  $i_v$ ,  $i_w$ ）に基づいて第2システムSY 2の第2モータ 37に対してトルク制御を行うようにした。

#### 【0164】

このように、1つのシステムが、上位制御ループ(位置制御や速度制御)を統括して、操舵制御装置全体に必要なトルクを算出し、それを他のシステムにトルク指令として分配して、各システムは各自でトルク制御(下位制御ループ)を行うようにした。

#### 【0165】

この結果、第1実施形態と同様に、2つのシステムの各モータを同時駆動する際、位置制御を第1システムSY 1でのみ行っているため、両モータのトルク干渉の問題はなく、トルク干渉に起因したトルクの低下を生ずることがない。そして、トルクの低下が生ずることがないため、ステアリングホイール10の操作に対する応答性の低下が生ぜず、ステアリングホイール10の操作への追従性が低下することもない。

#### 【0166】

又、トルク干渉がないため、異音、振動、発熱の発生を抑えることができる効

果を奏する。

図18は従来の構成の参考例である。

【0167】

この場合、第1システムSY1において、位置制御部21A、速度制御部21D、電流制御部21Cを備え、第2システムSY2において、位置制御部22A、速度制御部22D、電流制御部22Cを備えた場合を示している。なお、図18においては、説明の便宜上、各部には本実施形態に構成に相当する部分については、同一符号を付して、その説明を省略する。

【0168】

このように構成すると、各システムにおいて、第1モータ36、第2モータ37に設けた第1回転角センサ52、第2回転角センサ53による各モータの回転角に基づいて位置フィードバック制御が行われる。しかし、各モータの組付誤差や、第1回転角センサ52、第2回転角センサ53の組付誤差などにより、各モータは異なった位置に制御されてしまい、発生トルクの方が合わずにトルクが低下したり、異音や振動が発生したり、さらには電動モータが発熱してしまう問題がある。

【0169】

本実施形態では、このようなことはない。

(2) 第2実施形態では、第1システムSY1が故障した場合には、第2システムSY2の第2ECU22（制御手段）は、ステアリングホイール10（操舵ハンドル）の操舵位置と第2システムSY2の第2モータ37の位置情報に基づいて位置制御を行うようにした。さらに、第2ECU22は、同位置制御による演算結果に基づいて指令値（速度指令C1）を生成し、指令値（速度指令C1）及びフィードバック値（第2モータ37のモータ速度）に基づいて速度制御を行うようにした。

【0170】

さらに、第2ECU22は同速度制御による演算結果に基づいてトルク指令 $\Delta P13$ （第2トルク指令）を生成し、トルク指令 $\Delta P13$ （第2トルク指令）及び第2システムSY2の第2モータ37の実電流（励磁電流 $i_u$ ,  $i_v$ ,  $i_w$ ）

に基づいて第 2 モータ 3 7 に対してトルク制御を行うようにした。

#### 【0 1 7 1】

この結果、第 1 システム S Y 1 が故障した場合でも、第 2 システム S Y 2 が第 2 モータ 3 7 を駆動制御することができ、バックアップすることができる。

このように、1 つのシステムが故障した場合、故障したシステムの中に上位制御ループ(位置制御や速度制御)を統括していたシステムが含まれている場合、他の正常なシステムの 1 つが上位制御ループを新たに統括し、改めて算出された全体必要トルクを正常なシステムの数に応じて分配するようにした。

#### 【0 1 7 2】

そして、複数の概同一性能のモータが同軸上に一体に配置されていることにより、モータ性能差による制約がないため、故障時のトルクの分配が容易となり、性能低下も防ぐことができる。

#### 【0 1 7 3】

(3) 第 2 実施形態は、第 1 システム S Y 1 が故障した場合、第 2 システム S Y 2 の電流制御部 2 2 C は正常時制御モードの場合よりもその電流ループゲインを大きく(可変)し、第 1 システム S Y 1 が故障した時のステアリングホイール 1 0 の操作に対する応答性の低下を補うようにした。

#### 【0 1 7 4】

この結果、第 1 システム S Y 1 が故障した場合には、ステアリングホイール 1 0 の操作に対する応答性の低下を抑制できる効果がある。

#### (第 3 実施形態)

次に第 3 実施形態を図 1 2 乃至図 1 7 を参照して説明する。

#### 【0 1 7 5】

第 3 実施形態の操舵制御装置のハード構成中、第 2 実施形態と同一構成又は相当する構成については、同一符号を付してその説明を省略し、異なるところを中心に説明する。

#### 【0 1 7 6】

図 1 2 は第 3 実施形態の操舵制御装置の概念図を示している。

操舵制御装置は、ステアリングホイール 1 0 (操舵ハンドル)を含む操作機構

100と、車両舵取機構としての舵取機構200と、制御部300を備えている。

#### 【0177】

(操作機構100)

回転軸11には第1操舵角センサ14及び第2操舵角センサ15の他に回転軸11の回転角に対応するステアリングホイール10の操舵角を検出する第3操舵角センサ16がさらに設けられているところが第2実施形態と異なっている。

#### 【0178】

第3操舵角センサ16は、第3ECU23に電氣的に接続されている。

(舵取機構200)

舵取機構200は図12に示すように第1モータ36及び第2モータ37の他に、前記両モータと同軸上に第3モータ43を備えているところが、第2実施形態と異なっている。

#### 【0179】

すなわち、第3実施形態では、第1モータ36、第2モータ37、及び第3モータ43は、互いに共通の固定子を構成するステータ及び互いに共通のロータを構成するモータシャフト39とを有しており、全モータは同軸上に配置されている。この結果、第3モータ43は第1モータ36及び第2モータ37と同軸形状に一体配置され、各モータは概同一性能の三相同期式ブラシレスDCモータを構成する。第3モータ43は第3駆動回路58にて制御される。

#### 【0180】

第1駆動回路55は第1駆動手段に相当し、第2駆動回路57は第2駆動手段に相当し、第3駆動回路は、第3駆動手段に相当する。

又、第3実施形態では、図12に示すように第1回転角センサ52、第2回転角センサ53の他に第3回転角センサ54がモータシャフト39の軸線方向に沿って並設されている。第1回転角センサ52、第2回転角センサ53及び第3回転角センサ54は、ロータリーエンコーダにて構成されている。

#### 【0181】

又、第1回転角センサ52、第2回転角センサ53及び第3回転角センサ54



の検出信号は、所定のサンプリング周期で第1 ECU 21、第2 ECU 22及び第3 ECU 23にそれぞれ入力されている。

【0182】

そして、第1 ECU 21、第2 ECU 22及び第3 ECU 23は入力された検出信号に基づいて第1モータ36、第2モータ37、及び第3モータ43におけるモータシャフト39のステータに対する回転角が判断できるようになっている。

【0183】

(制御部300)

次に、制御部300について説明する。

第3実施形態の制御部300は、第1 ECU 21、第2 ECU 22、第3 ECU 23、第1駆動回路55、第2駆動回路57、第3駆動回路58とを備えている。

【0184】

第1 ECU 21、第2 ECU 22、第3 ECU 23はそれぞれマイクロコンピュータを含んだ電子制御ユニットにて構成されている。

なお、第3 ECU 23のハード構成は、第2実施形態の第1 ECU 21、第2 ECU 22と同一構成のため、説明を省略する。

【0185】

第1 ECU 21、第2 ECU 22及び第3 ECU 23は、互いに通信回路にて連結されている。そして、各 ECU は、自らが演算した第1モータ36、第2モータ37、第3モータ43のそれぞれの実際の回転角や、自身のシステムのセンサ類の検出値や、モータ制御に必要な他の情報及びエラー情報（異常判定信号）を常に相互に通信して交換する相互監視機能（ウォッチ・ドッグ機能）を備える。すなわち、1つのシステムの ECU は、他の2つのシステムを同時に監視する構成とされている。そして、1つの ECU から他の ECU に送信するエラー情報は、1つの ECU が監視している他の2つのシステムのそれぞれのエラー情報を含んでいる。その結果、1つのシステムの ECU は、他の2つのシステムの ECU からそれぞれエラー情報が入力されるため、他の2つのシステムから得られた

エラー情報に基づいて、全システムが正常か異常かの判定、あるいは、他のシステムのいずれが正常か、異常かの判定を行う。

#### 【0 1 8 6】

例えば、共通のモータシャフト 3 9 であるため、各 E C U がそれぞれ演算したモータシャフト 3 9 の回転角が一致したとき、各 E C U はそれぞれ他の E C U が正常であると判定し、異常であれば、エラー情報（異常判定信号）を他の E C U に通信する。

#### 【0 1 8 7】

なお、以下の説明では、エラー情報は、第 1 E C U 2 1 から第 2 E C U 2 2 へ送信されるものは、 $\alpha 1 2$  とし、第 2 E C U 2 2 から第 1 E C U へのものは  $\alpha 2 1$  としている。又、エラー情報は、第 2 E C U 2 2 から第 3 E C U 2 3 へ送信されるものは、 $\alpha 2 3$  とし、第 3 E C U 2 3 から第 2 E C U 2 2 へのものは  $\alpha 3 2$  としている。又、エラー情報は、第 1 E C U 2 1 から第 3 E C U 2 3 へ送信されるものは、 $\alpha 1 3$  とし、第 3 E C U 2 3 から第 1 E C U へのものは  $\alpha 3 1$  としている。

#### 【0 1 8 8】

第 3 実施形態では、第 1 システム S Y 1 は、第 1 E C U 2 1、第 1 操舵角センサ 1 4、第 1 駆動回路 5 5 及び第 1 モータ 3 6 などから構成されている。

第 2 システム S Y 2 は、第 2 E C U 2 2、第 2 操舵角センサ 1 5、第 2 駆動回路 5 7 及び第 2 モータ 3 7 などから構成されている。

#### 【0 1 8 9】

第 3 システム S Y 3 は、第 3 E C U 2 3、第 3 操舵角センサ 1 6、第 3 駆動回路 5 8 及び第 3 モータ 4 3 などから構成されている。

そして、1 つのシステムが、他のシステムは異常であると判定すると、その 1 つのシステムは他のシステムの電源リレー 9 0、相開放リレー 2 1 0、相開放リレー 2 2 0 をオフするとともに、他のシステムの正常又は異常に応じた後述するモードの処理を行う。

#### 【0 1 9 0】

すなわち、前述したように、1 つのシステムの E C U は、全システムが正常か

異常かの判定、あるいは、他のシステムのいずれが正常か、異常かの判定ができるため、その各システムの状況に応じた処理を行う。

#### 【0 1 9 1】

このように第 1 E C U 2 1、第 2 E C U 2 2、及び第 3 E C U 2 3 はそれぞれ各システムの制御手段及び故障検出手段に相当する。

次に、各システムの第 1 E C U 2 1 ～第 3 E C U 2 3 の機能について説明する。

#### 【0 1 9 2】

##### 1. 第 1 E C U 2 1

第 3 実施形態では、始動時及び全システム正常時の場合、並びに第 1 システム以外のシステムが故障時の場合、第 1 システム S Y 1 の第 1 E C U 2 1 が、他のシステムの上位のコントローラとされている。

#### 【0 1 9 3】

(1-1) 第 1 E C U 2 1 の始動時制御モード、及び正常時制御モード

図 1 4 は、第 1 システム S Y 1 ～第 3 システム S Y 3 の正常時における第 1 E C U 2 1 ～第 3 E C U 2 3 の制御ブロックの構成を示している。

#### 【0 1 9 4】

第 1 E C U 2 1 は、始動時制御モード及び正常時制御モードでの構成は、第 2 実施形態の構成と同様であるため、同一構成には同一符号を付して、その説明を省略する。なお、トルク指令  $\Delta P 1 0$  は速度制御による演算結果に基づいて生成された第 1 トルク指令に相当する。

#### 【0 1 9 5】

そして、トルク分配部 2 1 B の分配の仕方が第 2 実施形態と異なっている。

すなわち、トルク分配部 2 1 B は、供給されたトルク指令  $\Delta P 1 0$  をトルク指令  $\Delta P 1 1$ 、トルク指令  $\Delta P 1 2$ 、トルク指令  $\Delta P 1 4$  に分配し、それぞれ第 1 システム S Y 1 の電流制御部 2 1 C、第 2 システム S Y 2 の電流制御部 2 2 C、第 3 システム S Y 3 の電流制御部 2 3 C に供給する（図 1 4 参照）。

#### 【0 1 9 6】

本実施形態においては、第 1 実施形態と同様にトルク分配部 2 1 B は、操舵制

御装置に含まれる全システムが正常時において、車両のエンジン始動時での分配比をエンジンの始動時以外のときの分配比と異なるようにし、その分配比を可変する。

#### 【0197】

すなわち、車両のエンジン始動時（始動時制御モード）での分配比は $100/3:0:0$ （ $=\Delta P11:\Delta P12:\Delta P14$ ）とされ、車両のエンジン始動時以外（正常時制御モード）の分配比は $100/3:100/3:100/3$ （ $=\Delta P11:\Delta P12:\Delta P14$ ）とされている。

#### 【0198】

第1 ECU 21 による第1 モータ 36 の舵取制御は、転舵角が操舵角と対応するように制御する位置制御と、速度指令 C1 にモータ速度が対応するように制御する速度制御と、そのためにモータシャフト 39 に必要な推力、すなわち、出力トルクを得るためのトルク制御とが含まれる。

#### 【0199】

そして、電流制御部 21 C では、電流フィードバック制御が行われ、指令値（トルク指令  $\Delta P11$ ）とフィードバック値（第1 モータ 36 の電流値  $i_q$  及び電流値  $i_d$ ）の偏差が 0 になるように制御する。

#### 【0200】

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

#### （1-2） 第1 フェイル時制御モード

第1 システム SY1 が正常であり、第2 及び第3 システム SY3 のうち、いずれかのシステムが異常時の場合は、第1 ECU 21 は第1 フェイル時制御モードとなる。

#### 【0201】

第1 フェイル時制御モードでは、第1 ECU 21 のトルク分配部 21 B は、異常なシステムを除いた正常なシステムのために、トルク指令  $\Delta P10$  を再分配する。

#### 【0202】

図15は、第3 システム SY3 が異常であり、第2 システム SY2 が正常の例

を示している。

なお、第2システムSY2が異常で、かつ、第3システムが正常の場合は、以下、図15の例で説明する第2システムSY2に関する記述を第3システムSY3に関するものと読み替えれば良いため、第2システムSY2が異常で、かつ、第3システムが正常の場合の説明を省略する。

#### 【0203】

図15の例では、第3システムSY3の第3ECU23は第3モータ43の制御を停止する。

又、第1システムSY1のトルク分配部21Bは、トルク指令 $\Delta P10$ を第1システムSY1及び第2システムSY2のトルク指令のために、再分配する。

#### 【0204】

すなわち、トルク分配部21Bは供給されたトルク指令 $\Delta P10$ をトルク指令 $\Delta P11a$ 、トルク指令 $\Delta P12a$ に分配し、それぞれ第1システムSY1の電流制御部21C、第2システムSY2の電流制御部22Cに供給する（図15参照）。この時の分配比は50：50（＝ $\Delta P11a$ ： $\Delta P12a$ ）

なお、第1フェイル時制御モードでは、正常である各システムの電流制御部のPI制御部64、PI制御部65は、全システムが正常時の場合の正常時制御モードのときと電流ループゲインが異なるようにされている。なお、電流ループゲインは、PI制御部64、PI制御部65における積分ゲイン及び比例ゲインのことである。フェイル時制御モードでのこれらのゲインは、正常時制御モードのこれらのゲインよりも大きく設定されている。

#### 【0205】

第1フェイル時制御モードでの電流ループゲインが正常時制御モードの電流ループゲインよりも大きくされていることにより、ステアリングホイール10の操作に対する応答性の低下が生ぜず、又、ステアリングホイール10の操作への追従性が低下しないようにされている。

#### 【0206】

又、トルク指令 $\Delta P10$ は下記のように設定されている。

図15の例では、車両走行中は路面反力が小さいため、車両走行中において第

1 及び第 2 モータ 37 でモータシャフト 39 を駆動した場合に得られる推力（出力トルク）による転舵範囲が、操舵制御装置に含まれる全システムの正常時に得られる転舵範囲と同じとなるように、トルク指令  $\Delta P10$  は設定されている。

#### 【0207】

又、車両が走行停止した状態で据え切り操舵を行った場合、路面反力が大きい  
ため、第 1 モータ 36 及び第 2 モータ 37 にて得られたる推力（出力トルク）により、操舵制御装置に含まれる全システムの正常時よりも転舵範囲が狭まった転舵範囲が得られるように、トルク指令  $\Delta P10$  は設定されている。

#### 【0208】

本実施形態では、トルク指令  $\Delta P10$  は正常時制御モードでのトルク指令  $\Delta P11$  とトルク指令  $\Delta P12$  の合計値と同じ値とされている（図 14 参照）。

#### 2. 第 2 ECU 22 及び第 3 ECU 23

次に、第 2 ECU 22 及び第 3 ECU 23 について説明する。

#### 【0209】

（2-1）第 1 ECU 21 の始動時制御モード、及び正常時制御モード

第 1 ECU 21 の正常時制御モードでは、第 2 ECU 22 及び第 3 ECU 23 は、図 14 に示すように、電流制御部 22C、電流制御部 23C を備える。そして、電流制御部 22C 及び電流制御部 23C は分配されたトルク指令  $\Delta P12$ 、トルク指令  $\Delta P14$  を入力する。

#### 【0210】

正常時制御モードでの電流制御部 22C、及び電流制御部 23C は、電流制御部 21C と同様の構成のため、図 6 で示す電流制御部 21C の構成と同一構成又は相当する構成については、同一符号を付してその説明を省略する。

#### 【0211】

そして、電流制御部 22C は、電流フィードバック制御を行ない、指令値（トルク指令  $\Delta P12$ ）とフィードバック値（第 2 モータ 37 の電流値  $i_q$  及び電流値  $i_d$ ）の偏差が 0 になるように制御する。

#### 【0212】

又、電流制御部 23C は、電流フィードバック制御を行ない、指令値（トルク

指令 $\Delta P14$ )とフィードバック値(第3モータ43の電流値 $i_q$ 及び電流値 $i_d$ )の偏差が0になるように制御する。

【0213】

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

(2-2) 第2フェイル時制御モード

次に、第1システムSY1がフェイル時の場合について説明する。

【0214】

第1システムSY1が異常時の際、第2システムSY2が正常の場合は、第2システムSY2の第2ECU22が、第3システムSY3の第3ECU23よりも上位のコントローラとして機能する。

【0215】

又、第1システムSY1及び第2システムSY2が異常で、第3システムSY3が正常の場合は、第3システムSY3の第3ECU23が操舵制御装置のコントローラとして機能する。

【0216】

第2フェイル時制御モードは、第1システムSY1のみのフェイル時の場合と、第1システムSY1及び他の1つのシステムが同時に異常となった場合に対応させたものである。

【0217】

(2-2-1) 第1システムSY1のみのフェイル時の場合

第1システムSY1のみのフェイル時では、図16に示すように第1システムSY1の第1ECU21は、第1モータ36の制御を停止する。

【0218】

そして、このフェイル時に、第2システムSY2及び第3システムSY3が正常時である場合について、「第2ECU22」と「第3ECU23」のそれぞれの機能を説明する。

【0219】

第2ECU22は、第2フェイル時制御モードでは、図16に示すように、位置制御部22A、トルク分配部22B、電流制御部22C、速度制御部22D、

及び微分処理部 2 2 E を備える。

#### 【 0 2 2 0 】

第 2 フェイル時制御モードにおける、第 2 E C U 2 2 による第 2 モータ 3 7 の舵取制御は、転舵角が操舵角と対応するように制御する位置制御と、速度指令 C 2 にモータ速度が対応するように制御する速度制御と、そのためにモータシャフト 3 9 に必要な推力である出力トルクを得るためのトルク制御とを含む。

#### 【 0 2 2 1 】

第 2 フェイル時制御モードでは、第 2 E C U 2 2 は、第 2 操舵角センサ 1 5 が検出した操舵角に対応する転舵角（操舵輪の転舵角）が得られるように、かつ、そのためにモータシャフト 3 9 に必要な推力が得られるように第 2 駆動回路 5 7 を介して第 2 モータ 3 7 を舵取制御を実行する。

#### 【 0 2 2 2 】

詳説すると、位置制御部 2 2 A は、第 2 操舵角センサ 1 5 が検出した操舵角を位置指令として入力するととともに第 2 回転角センサ 5 3 からの検出信号を入力し、同信号に基づいてモータシャフト 3 9 のステータに対する回転角を算出する。

#### 【 0 2 2 3 】

第 2 回転角センサ 5 3 からの検出信号は第 2 モータ 3 7（電動モータ）の位置情報に相当する。

位置制御部 2 2 A は、算出した電動モータ（第 2 モータ 3 7）の回転角と、位置指令としての操舵角に基づく操舵位置との偏差を演算し、その偏差に対して、位置制御に必要な所定のゲインを乗算し、その乗算値を速度指令 C 2 として速度制御部 2 2 D に供給する。

#### 【 0 2 2 4 】

微分処理部 2 2 E は、第 2 回転角センサ 5 3 からの検出信号を入力して同信号に基づいてモータ速度を算出し、速度制御部 2 2 D にその算出値を入力する。

速度制御部 2 2 D は、速度指令 C 2 と、モータ速度との偏差を演算し、その偏差に対して、速度制御に必要な所定のゲインを乗算し、その乗算値をトルク指令  $\Delta P 1 3$  としてトルク分配部 2 2 B に供給する。



**【0225】**

すなわち、速度制御部 22D では、速度制御が行われ、指令値（速度指令 C2）及びフィードバック値（第 2 モータ 37 のモータ速度）の偏差が 0 になるように制御する。

**【0226】**

トルク指令  $\Delta P13$  は速度制御による演算結果に基づいて生成された第 2 トルク指令に相当する。

トルク分配部 22B は、供給されたトルク指令  $\Delta P13$  を正常なシステムの数に応じた分配比で分配し、分配したトルク指令  $\Delta P15$  とトルク指令  $\Delta P16$  とをそれぞれ第 2 システム SY2 の電流制御部 22C と第 3 システム SY3 の電流制御部 23C に供給する。

**【0227】**

すなわち、この例では、操舵制御装置に含まれる第 1 システム SY1 が異常であり、第 2 システム SY2 及び第 3 システム SY3 が正常の場合である。従って、前記正常なシステムへの分配比は 50 : 50 ( $= \Delta P15 : \Delta P16$ ) とされている。

**【0228】**

なお、本実施形態では、各システムの電流制御部の P I 制御部 64, P I 制御部 65 では、全システムが正常時の場合の正常時制御モードのときと電流ループゲインが異なるようにされている。なお、電流ループゲインは、P I 制御部 64, P I 制御部 65 における積分ゲイン及び比例ゲインのことである。フェイル時制御モードでのこれらのゲインは、正常時制御モードのこれらのゲインよりも大きく設定されている。

**【0229】**

第 2 フェイル時制御モードでの電流ループゲインが正常時制御モードの電流ループゲインよりも大きくされていることにより、ステアリングホイール 10 の操作に対する応答性の低下が生ぜず、又、ステアリングホイール 10 の操作への追従性が低下しないようにされている。

**【0230】**

又、トルク指令 $\Delta P13$ は下記のように設定されている。

すなわち、車両走行中は路面反力が小さいため、第2及び第3モータ43でモータシャフト39を駆動した場合に得られる推力（出力トルク）による転舵範囲が、操舵制御装置に含まれる全システムの正常時の転舵範囲と同じになるように、トルク指令 $\Delta P13$ が設定されている。

#### 【0231】

又、トルク指令 $\Delta P13$ は、車両が走行停止した状態で据え切り操舵を行った場合、路面反力が大きいため、第2モータ37及び第3モータ43にて得られたる推力（出力トルク）では、操舵制御装置に含まれる全システムの正常時よりも転舵範囲が狭まった転舵範囲が得られるように設定されている。

#### 【0232】

本実施形態では、トルク指令 $\Delta P13$ は正常時制御モードでのトルク指令 $\Delta P12$ とトルク指令 $\Delta P14$ の合計値と同じ値とされている。

第2フェイル時制御モードでの、電流制御部22Cは、正常時制御モードでの電流制御部21Cと同様の構成であるため、図6で示す電流制御部21Cの構成と同一構成又は相当する構成については、同一符号を付してその説明を省略する。

#### 【0233】

そして、電流制御部22Cの各部は、トルク指令 $\Delta P15$ 、第2回転角センサ53の検出信号、及び電流センサ71、72からの励磁電流 $i_u$ 、 $i_v$ に係る電流検出値信号を処理する。この処理により、第2ECU22からは、パルス信号（PWM制御信号）を第2駆動回路57へ出力する。第2駆動回路57は、それらのパルス信号（PWM制御信号）に基づいて第2モータ37の各相へ駆動電圧を印加する。

#### 【0234】

以上のようにして、第2フェイル時制御モードにおいて、電流制御部22Cでは、電流制御が行われ、指令値（トルク指令 $\Delta P15$ ）及びフィードバック値（第2モータ37の電流値 $i_q$ 及び電流値 $i_d$ ）の偏差が0になるように制御する。

**【0235】**

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

一方、第1システムSY1のみのフェイル時の場合、第3ECU23は、図16に示すように、電流制御部23Cを備える。

**【0236】**

又、電流制御部23Cは、電流フィードバック制御を行ない、指令値（トルク指令 $\Delta P16$ ）とフィードバック値（第3モータ43の電流値 $i_q$ 及び電流値 $i_d$ ）の偏差が0になるように制御する。

**【0237】**

前記電流制御は、トルク制御に相当する。

（2-2-2） 第1システムSY1及び他のシステムのフェイル時の場合  
第1システムSY1及び他の1つのシステムが同時にフェイルしたときは、第1システムSY1の第1ECU21が、第1モータ36の制御を停止し、他の1つのシステムのECUがそのシステムのモータの制御を停止する第2フェイル時制御モードとなる。

**【0238】**

図17では、第1システムSY1及び第3システムSY3のフェイル時の場合を示している。この場合、第2システムSY2のみが正常である。

なお、第2システムSY2が異常で、かつ、第3システムが正常の場合は、以下、図17の例で説明する第2システムSY2に関する記述を第3システムSY3に関するものと読み替えれば良いため、第2システムSY2が異常で、かつ、第3システムが正常の場合の説明を省略する。

**【0239】**

この場合、第2ECU22は、図17に示すように、位置制御部22A、トルク分配部22B、電流制御部22C、速度制御部22D、及び微分処理部22Eを備える。

**【0240】**

これらの各部の構成は、図16に示す構成と同じとされているが、トルク分配部22Bにおける分配比が異なっている。すなわち、この例ではトルク分配部2

2 Bは分配比は100:0(=ΔP15:ΔP16)とされている。従って、トルク分配部22Bから電流制御部22Cに出力されるトルク指令ΔP15はΔP13と同じである。又、図示はしていないが、トルク分配部22Bからはトルク指令ΔP16が第3ECU23に出力されるものの、そのトルク指令ΔP16は0である。

#### 【0241】

(第3実施形態の作用)

第3実施形態においては第1ECU21は図13に示す舵取制御の制御プログラムのフローチャートを所定周期毎に実行する。

#### 【0242】

さて、上記のように構成された、操舵制御装置の作用を説明する。

S100では、前記S10と同様に図示しないエンジンが始動されたか、或いは始動後か否かを判定する。エンジンが始動された場合には、S200において、第1ECU21は始動時制御モードに入り、このステップを一旦終了する。

#### 【0243】

従って、イグニッションスイッチのオン信号の入力から所定時間内は第1システムSY1の第1ECU21は始動時制御モードとなる。

又、第2システムSY2の第2ECU22、及び第3システムSY3の第3ECU23は、第1ECU21からのトルク指令ΔP12、トルク指令ΔP14の入力により、始動時制御モードとなる。

#### 【0244】

イグニッションスイッチのオン信号の入力から所定時間を経過した場合には、S100の判定は「NO」となり、S300において、全システムが正常状態か否かを、他のシステムから入力したエラー情報に基づいて判定する。

#### 【0245】

S300において、全システムが正常であると判定すると、S400において、正常時制御モードの処理を実行し、一旦この処理を終了する。S400では、各システムにおいて、第1モータ36、第2モータ37及び第3モータ43は、分配されたトルク指令ΔP11、トルク指令ΔP12及びトルク指令ΔP14に

基づいて同時に駆動される。

#### 【0 2 4 6】

S 3 0 0 において、全システムは正常ではないと判定すると、S 5 0 0 において、他のシステムから入力したエラー情報に基づいて、どのシステムが異常か否かを判定する。第 1 システム S Y 1 が異常である場合には、S 7 0 0 に移行し、第 1 システム S Y 1 が正常であれば、S 6 0 0 に移行する。

#### 【0 2 4 7】

S 6 0 0 では、第 1 フェイル時処理を行う。すなわち、第 1 E C U 2 1 は、第 1 フェイル時制御モードとなる。このモードでは、第 1 E C U 2 1 のトルク分配部 2 1 B は、異常なシステムを除いた正常なシステムのために、トルク指令  $\Delta P$  1 0 を再分配し、この処理を一旦終了する。

#### 【0 2 4 8】

なお、このとき、異常となったシステムの E C U は制御対象のモータの制御を停止する。

S 7 0 0 では、第 1 E C U 2 1 は第 2 フェイル時処理を行う。

#### 【0 2 4 9】

すなわち、第 1 E C U 2 1 は、図 1 6 に示すように第 1 モータ 3 6 の制御を停止する。

このとき、第 1 システム S Y 1 のみのフェイル（故障）時の場合、第 2 システム S Y 2 の第 2 E C U 2 2 が、第 3 システム S Y 3 の第 3 E C U 2 3 よりも上位のコントローラとして機能する。すなわち、前述した「（2-2-1） 第 1 システム S Y 1 のみのフェイル時の場合」に記述した処理を行い、一旦、この処理を終了する。

#### 【0 2 5 0】

又、第 1 システム S Y 1 及び他の 1 つのシステムがフェイル時の場合、正常であるシステムの E C U が、「（2-2-2） 第 1 システム S Y 1 及び他のシステムのフェイル時の場合」に記述した処理を行い、この処理を一旦終了する。

#### 【0 2 5 1】

従って、第 3 実施形態によれば、以下のような特徴がある。

(1) 第3実施形態の操舵制御装置では、舵取機構200の前輪T（操舵輪）上に同軸形状に一体配置された3個の概同一性能のモータと、各モータを制御する制御手段を含む複数のシステムを備えた。そして、各システムのモータを同時に制御して共通の舵取機構200を駆動するようにした。

#### 【0252】

又、第1システムSY1の第1ECU21は、ステアリングホイール10（操舵ハンドル）の操舵位置と自身のシステムのモータの位置情報に基づいて舵取機構200を駆動するために必要となるトルク指令 $\Delta P10$ （第1トルク指令）を生成し、トルク指令 $\Delta P10$ をシステムの数に応じて分配した。そして、第1ECU21は分配後の自身のシステム用のトルク指令 $\Delta P11$ に基づいてモータに対してトルク制御を行うようにした。さらに、他のシステムの第2ECU22及び第3ECU23（制御手段）は、当該システムに分配されたトルク指令 $\Delta P12$ 及びトルク指令 $\Delta P14$ に基づいて当該システムのモータに対してトルク制御を行うようにした。

#### 【0253】

このように、1つのシステムが、上位制御ループ（位置制御や速度制御）を統括して、操舵制御装置全体に必要なトルクを算出し、それを他のシステムにトルク指令として分配して、各システムは各自でトルク制御（下位制御ループ）を行うようにした。

#### 【0254】

この結果、3つのシステムの各モータを同時駆動する際、位置制御を第1システムSY1でのみ行っているため、両モータのトルク干渉の問題はなく、トルク干渉に起因したトルクの低下を生ずることがない。そして、トルクの低下が生ずることがないため、ステアリングホイール10の操作に対する応答性の低下が生ぜず、ステアリングホイール10の操作への追従性が低下することもない。

#### 【0255】

又、トルク干渉がないため、異音、振動、発熱の発生を抑えることができる効果を奏する。

(2) 第3実施形態では、第1ECU21、第2ECU22、及び第3EC

U 2 3 はそれぞれ自身のシステム以外の他のシステムの故障検出を行う故障検出手段とした。そして、トルク指令  $\Delta P 1 0$  を生成していた第 1 システム S Y 1 を含む 1 つ以上のシステムが故障した場合、他の正常なシステムの 1 つの E C U (制御手段) は、ステアリングホイール 1 0 の操舵位置と自身のシステムのモータの位置情報に基づいてトルク指令  $\Delta P 1 3$  (第 2 トルク指令) を生成した。

【 0 2 5 6 】

そして、トルク指令  $\Delta P 1 3$  (第 2 トルク指令) を残りの正常なシステムの数に応じて分配し、分配後の自身のシステム用のトルク指令  $\Delta P 1 5$  に基づいてモータに対してトルク制御を行うようにした。

【 0 2 5 7 】

又、このとき、他の正常なシステムの E C U (制御手段) は、当該システムに分配されたトルク指令  $\Delta P 1 6$  に基づいて当該システムのモータに対してトルク制御を行うようにした。

【 0 2 5 8 】

この結果、少なくとも第 1 システム S Y 1 が故障した場合でも、第 2 システム S Y 2 等の他のシステムが、当該システムのモータを駆動制御することができ、バックアップすることができる。

【 0 2 5 9 】

このように、1 つ以上のシステムが故障した場合、故障したシステムの中に上位制御ループ(位置制御や速度制御)を統括していたシステムが含まれている場合、他の正常なシステムの 1 つが上位制御ループを新たに統括し、改めて算出された全体必要トルクを正常なシステムの数に応じて分配するようにした。

【 0 2 6 0 】

そして、複数の概同一性能のモータが同軸上に一体に配置されていることにより、モータ性能差による制約がないため、故障時のトルクの分配が容易となり、性能低下も防ぐことができる。

【 0 2 6 1 】

(3) 第 3 実施形態は、第 1 E C U 2 1、第 2 E C U 2 2、及び第 3 E C U 2 3 はそれぞれ自身のシステム以外の他のシステムの故障検出を行う故障検出手

段とした。

#### 【0 2 6 2】

そして、トルク指令  $\Delta P 1 0$  を生成していた第 1 システム  $S Y 1$  を除く 1 つ以上のシステムが故障した場合、第 1 システム  $S Y 1$  の第 1 E C U 2 1（制御手段）は、トルク指令  $\Delta P 1 0$ （第 1 トルク指令）を残りの正常なシステムの数に応じて再分配した。そして、第 1 E C U 2 1 は分配後の自身のシステム用のトルク指令  $\Delta P 1 1 a$  に基づいて当該電動モータに対してトルク制御を行うようにした。

#### 【0 2 6 3】

又、他の正常なシステム（図 1 5 の例では第 2 システム  $S Y 2$ ）の E C U（制御手段）は、当該システムに分配されたトルク指令  $\Delta P 1 2 a$  に基づいて当該システムのモータに対してトルク制御を行うようにした。

#### 【0 2 6 4】

この結果、第 1 システム  $S Y 1$  以外のシステムが故障した場合には、トルク指令  $\Delta P 1 0$ （第 1 トルク指令）を残りの正常なシステムの数に応じて再分配することにより、第 1 システム  $S Y 1$  等の他のシステムが、当該システムのモータを駆動制御することができ、バックアップすることができる。

#### 【0 2 6 5】

このように、故障システムの中に上位制御ループ（位置制御や速度制御）を統括していたシステムが含まれていない場合、上位制御ループを統括するシステムはそのまま、全体必要トルクを正常なシステムの数に応じて再分配するようにした。

#### 【0 2 6 6】

そして、複数の概同一性能のモータが同軸上に一体に配置されていることにより、モータ性能差による制約がないため、故障時のトルクの再分配が容易となり、性能低下も防ぐことができる。

#### 【0 2 6 7】

（４） 第 3 実施形態では、トルク制御は、モータ（電動モータ）の電流をフィードバック制御する電流制御を含むようにした。そして、各システムの第 1 E



C U 2 1 ~ 第 3 E C U 2 3 (制御手段) は、全システム正常時と 1 つ以上のシステムの故障時とでは、電流制御の電流ループゲインを可変にした。

【0268】

この結果、1 つ以上のシステムが故障した場合には、ステアリングホイール 10 の操作に対する応答性の低下を抑制できる効果がある。

なお、本発明の実施形態は、上記実施形態に限定されるものではなく、次のように変更してもよい。

【0269】

(1) 前記実施形態では、システムは、2 又は 3 つのシステムとしたが、すなわち、4 つ以上のシステムを設けてもよい。

この場合、1 つのシステムは、位置制御、電流制御の上位制御ループを統括し、他のシステムは、電流制御の下位制御ループを行うようにするものとする。

【0270】

そして、1 つのシステムが異常になった際、残りのシステムのうち、1 つのシステムでは、位置制御、電流制御を行い、他のシステムは、電流制御を行うようにするものとする。

【0271】

或いは、4 つ以上のシステムの場合、全システムが正常の場合には、1 つのシステムは、位置制御、速度制御、電流制御の上位制御ループを統括し、他のシステムは、電流制御の下位制御ループを行うようにするものとする。

【0272】

そして、1 つのシステムが異常になった際、残りのシステムのうち、1 つのシステムでは、位置制御、速度制御、電流制御を行い、他のシステムは、電流制御を行うようにするものとする。

【0273】

従って、正常時には、複数の全システムに係るモータの合成出力で、舵取機構 200 を駆動し、1 つのシステムが異常の場合には、残りのシステムのモータの合成出力トルクにて舵取機構 200 を駆動することになる。

【0274】

(2) 第 1 乃至第 3 実施形態では、第 1 回転角センサ 5 2 等の回転角センサをロータリーエンコーダにて構成したが、第 1 モータ 3 6 等のモータと所定の電気角を有して同モータの回転変位を検出するものであれば、その他の回転変位検出手段、例えばレゾルバ等に具体化してもよい。

【0 2 7 5】

(3) 前記実施形態では、ステアバイワイヤ式の操舵制御装置に具体化したのが、電動パワーステアリング制御装置に具体化してもよい。例えば、シャフト 3 5 を、ラックシャフトとして構成し、同ラックシャフトに対してステアリングホイールとラックアンドピニオンで連結する構成とする。

【0 2 7 6】

【発明の効果】

以上、詳述したように、請求項 1 乃至請求項 4 に記載の発明によれば、複数のシステムの各電動モータを同時駆動する際、電動モータのトルク干渉の問題を解消して、トルクの低下を生ずることがなく、異音、振動、発熱の発生を抑えることができる。

【0 2 7 7】

請求項 2 及び請求項 3 に記載の発明によれば、複数の概同一性能のモータが同一軸上に一体配置されているため、故障時のトルク指令の分配が容易となり、故障時の舵取機構の性能低下を防止することができる。

【0 2 7 8】

請求項 4 に記載の発明によれば、全システム正常時には異音、振動等の観点により低く抑えていた各電流ループゲインを故障時には所定の値まで上げることにより、故障時の舵取機構の性能低下を防ぐことができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 第 1 実施形態の操舵制御装置の全体を示す概略図。

【図 2】 同じく操舵制御装置の舵取機構 2 0 0 の要部拡大図。

【図 3】 同じくモータハウジング 3 2 内の構成を示す断面図。

【図 4】 同じく第 1 駆動回路 5 5 及びその周辺回路の電気回路図。

【図 5】 正常時制御モードにおける各システムの制御ブロックの概念図。

【図 6】 電流制御部 2 1 C の制御ブロック図。

【図 7】 フェイル時制御モードにおける各システムの制御ブロックの概念図。

【図 8】 第 1 E C U 2 1 が実行する制御フローチャート。

【図 9】 従来技術の方法で行う場合の参考例における各システムの制御ブロックの概念図。

【図 1 0】 第 2 実施形態の正常時制御モードにおける各システムの制御ブロックの概念図。

【図 1 1】 同じくフェイル時制御モードにおける各システムの制御ブロックの概念図。

【図 1 2】 第 3 実施形態の操舵制御装置の全体を示す概略図。

【図 1 3】 第 3 実施形態における第 1 E C U 2 1 が実行するフローチャート。

【図 1 4】 第 3 実施形態の正常時制御モードにおける各システムの制御ブロックの概念図。

【図 1 5】 同じく第 1 フェイル制御モード時における各システムの制御ブロックの概念図。

【図 1 6】 同じく第 2 フェイル制御モード時における各システムの制御ブロックの概念図。

【図 1 7】 同じく第 2 フェイル制御モード時における各システムの制御ブロックの概念図。

【図 1 8】 従来技術の方法で行う場合の参考例における各システムの制御ブロックの概念図。

【符号の説明】

1 0…ステアリングホイール（操舵ハンドル）

2 1…第 1 E C U（制御手段）

2 2…第 2 E C U（制御手段）

2 3…第 3 E C U 2 3（制御手段）

3 6…第 1 モータ（電動モータ）

3 7 …第 2 モータ (電動モータ)

4 3 …第 3 モータ (電動モータ)

5 2 …第 1 回転角センサ

5 3 …第 2 回転角センサ

5 4 …第 3 回転角センサ

5 5 …第 1 駆動回路

5 7 …第 2 駆動回路

5 8 …第 3 駆動回路

2 0 0 …舵取機構

T …前輪 (操舵輪)

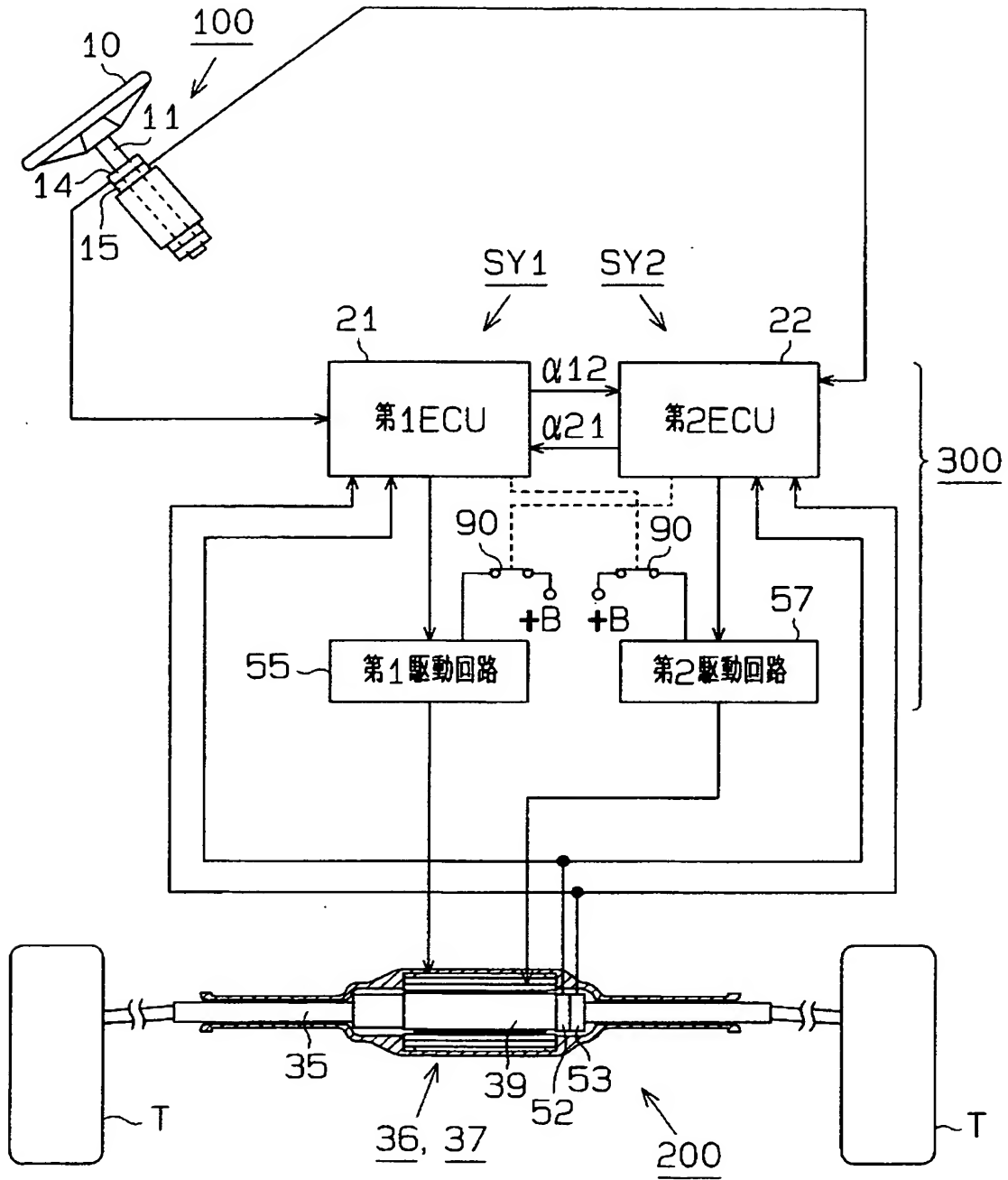
S Y 1 …第 1 システム

S Y 2 …第 2 システム

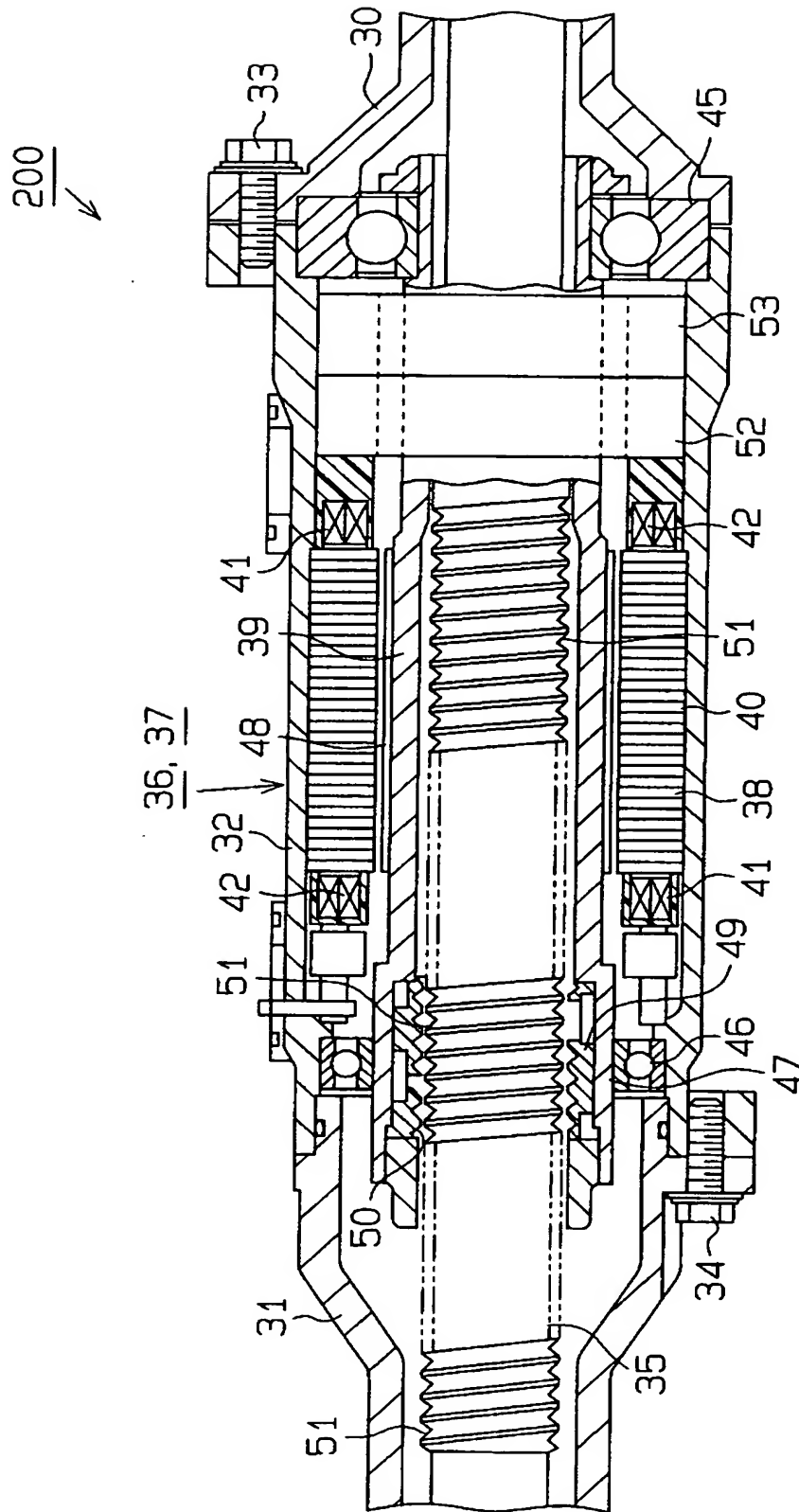
S Y 3 …第 3 システム

【書類名】 図面

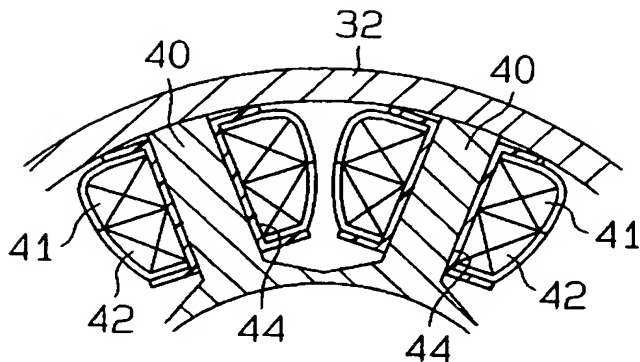
【図 1】



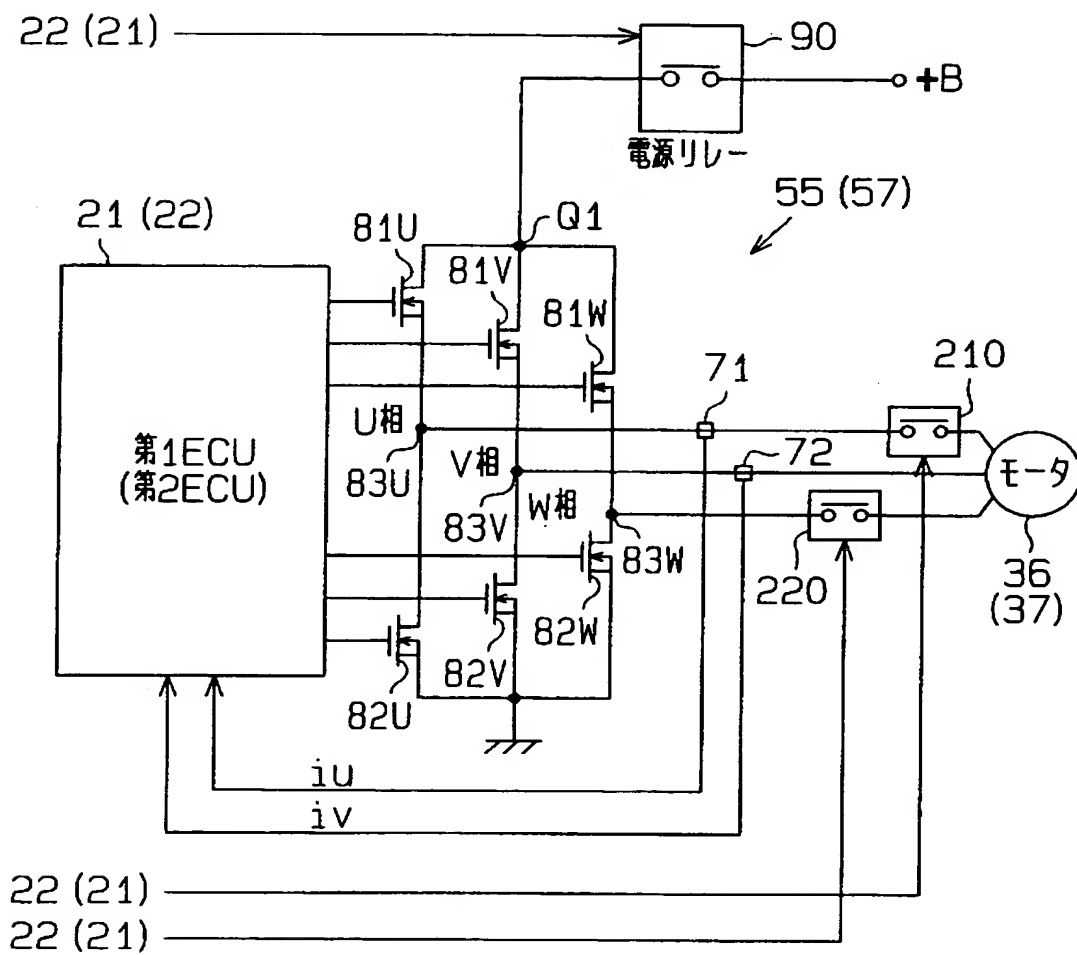
【図 2】



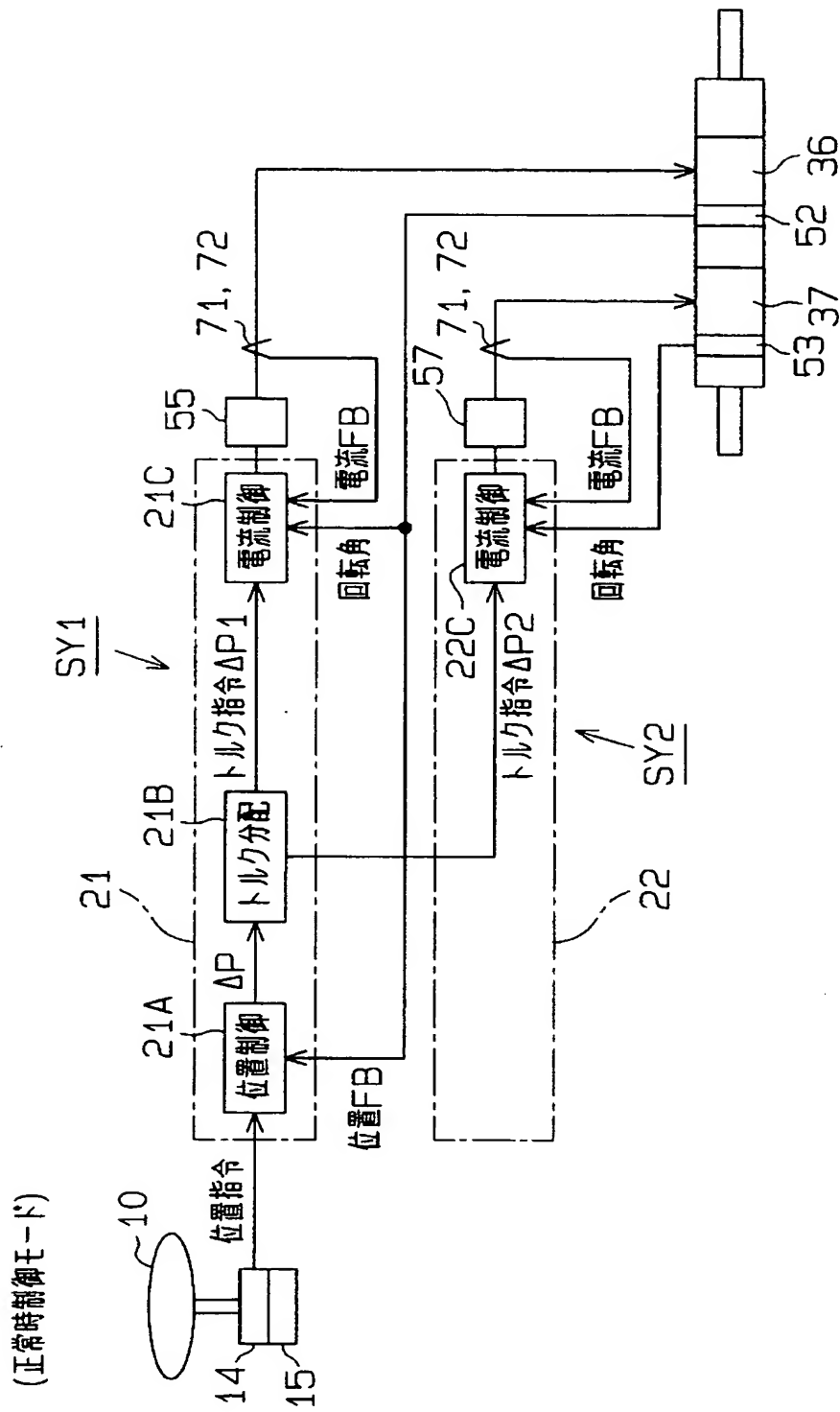
【図 3】



【図 4】

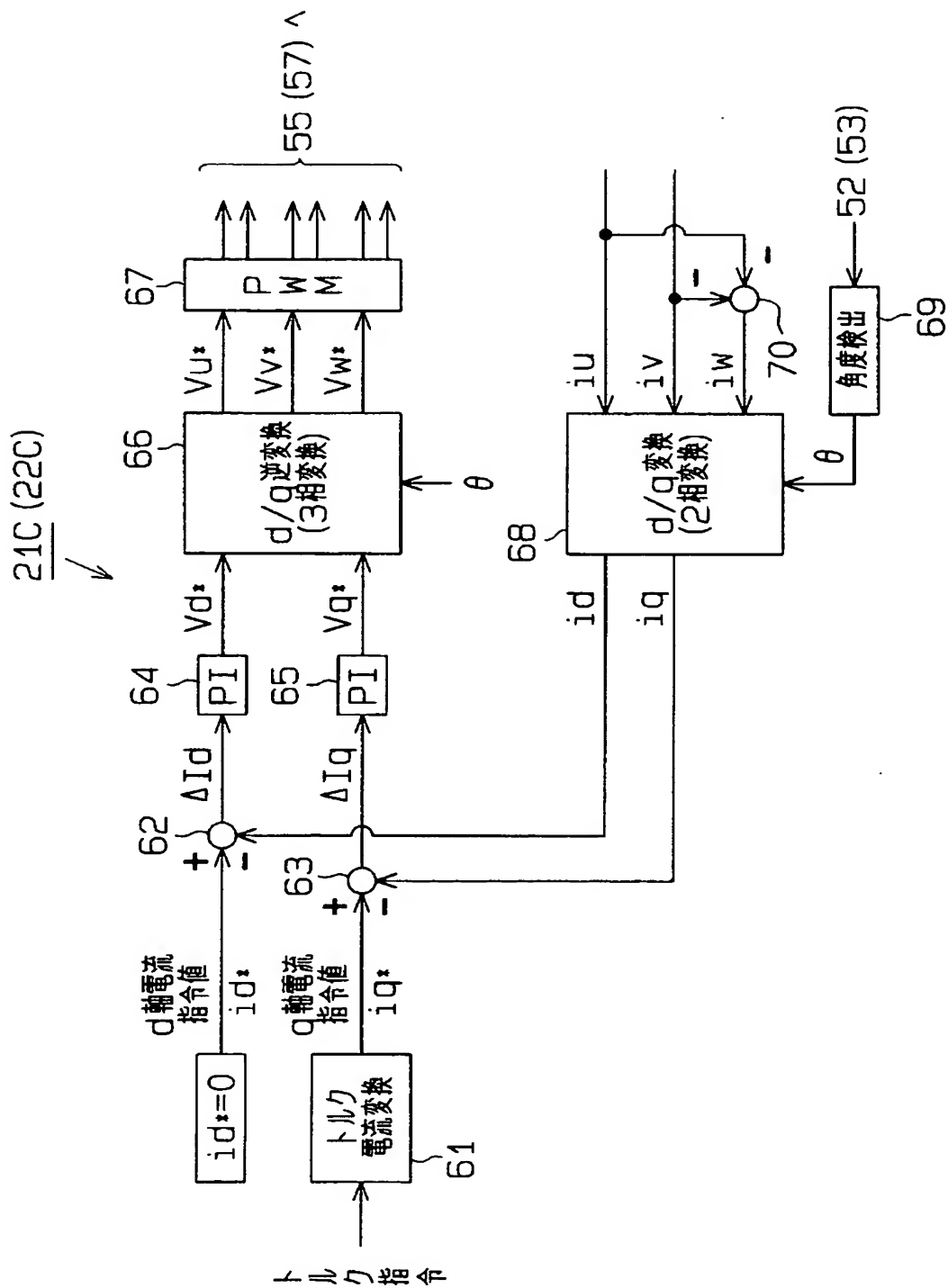


【図 5】

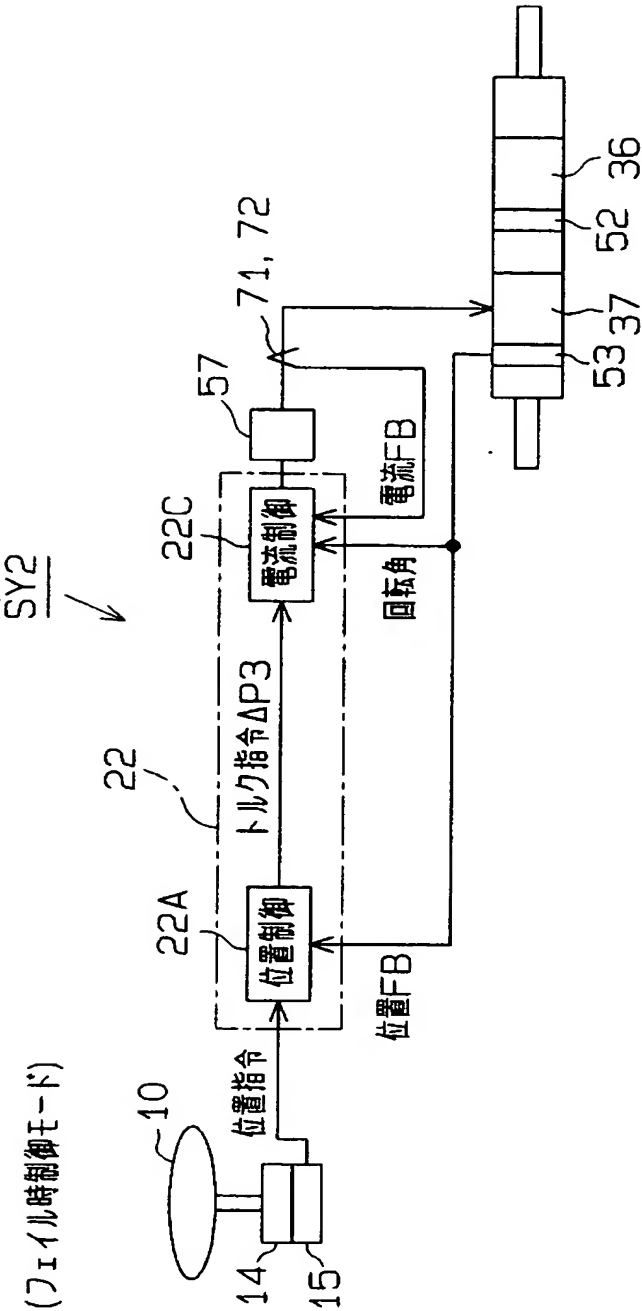




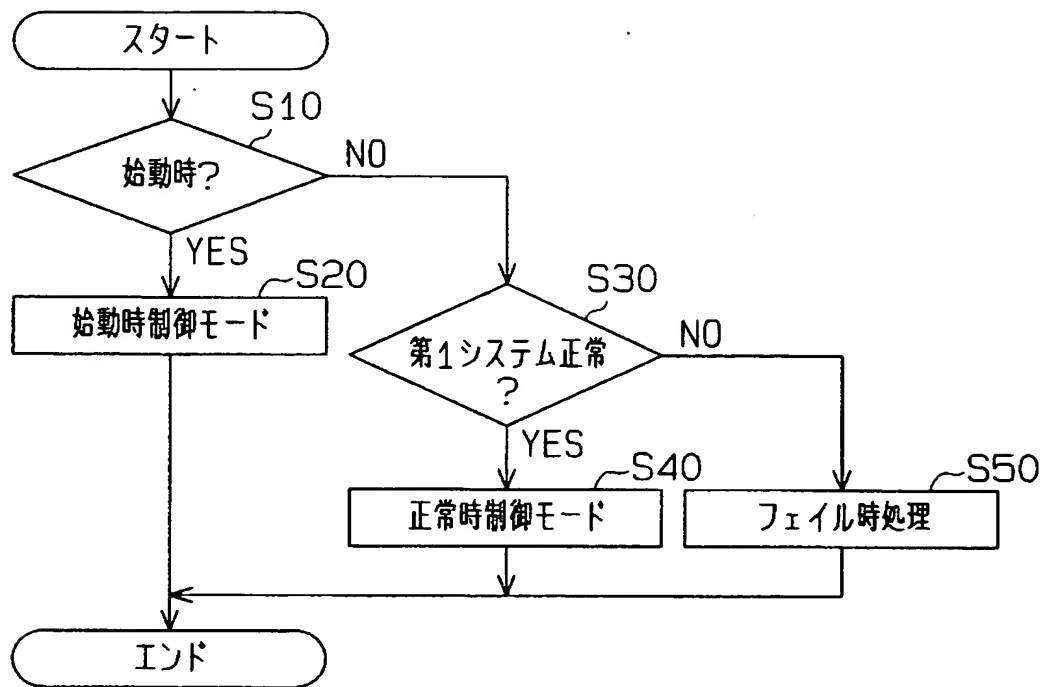
【図 6】



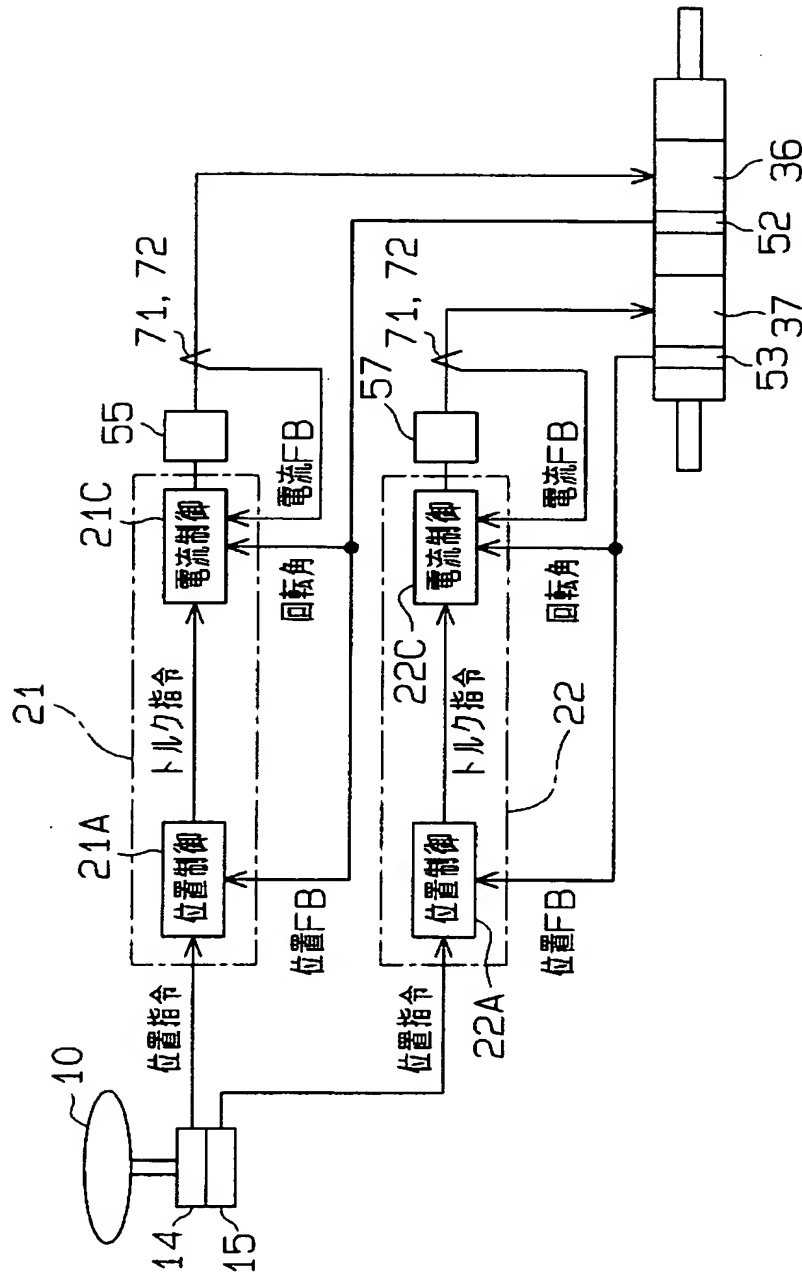
【図7】



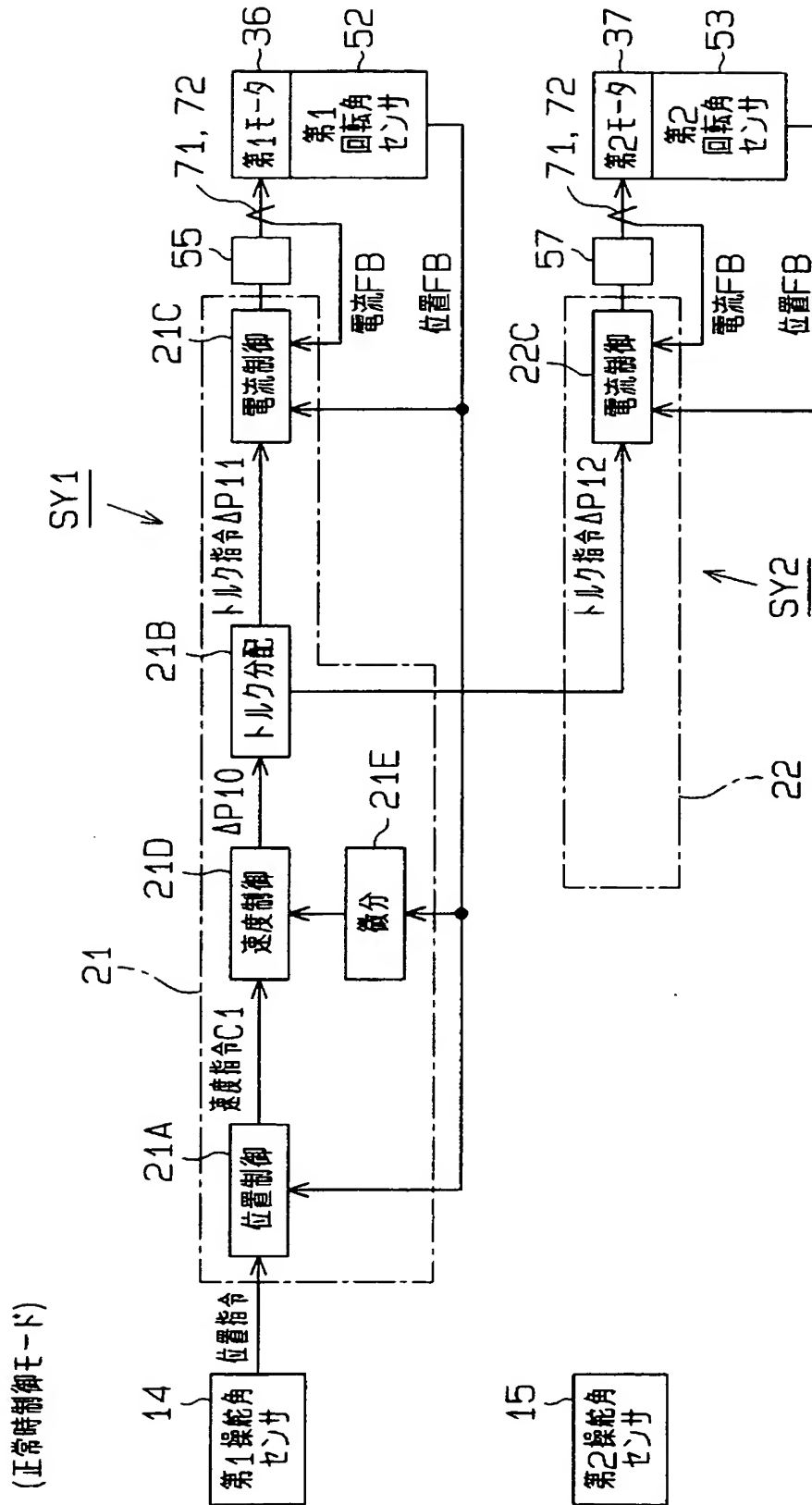
【図 8】



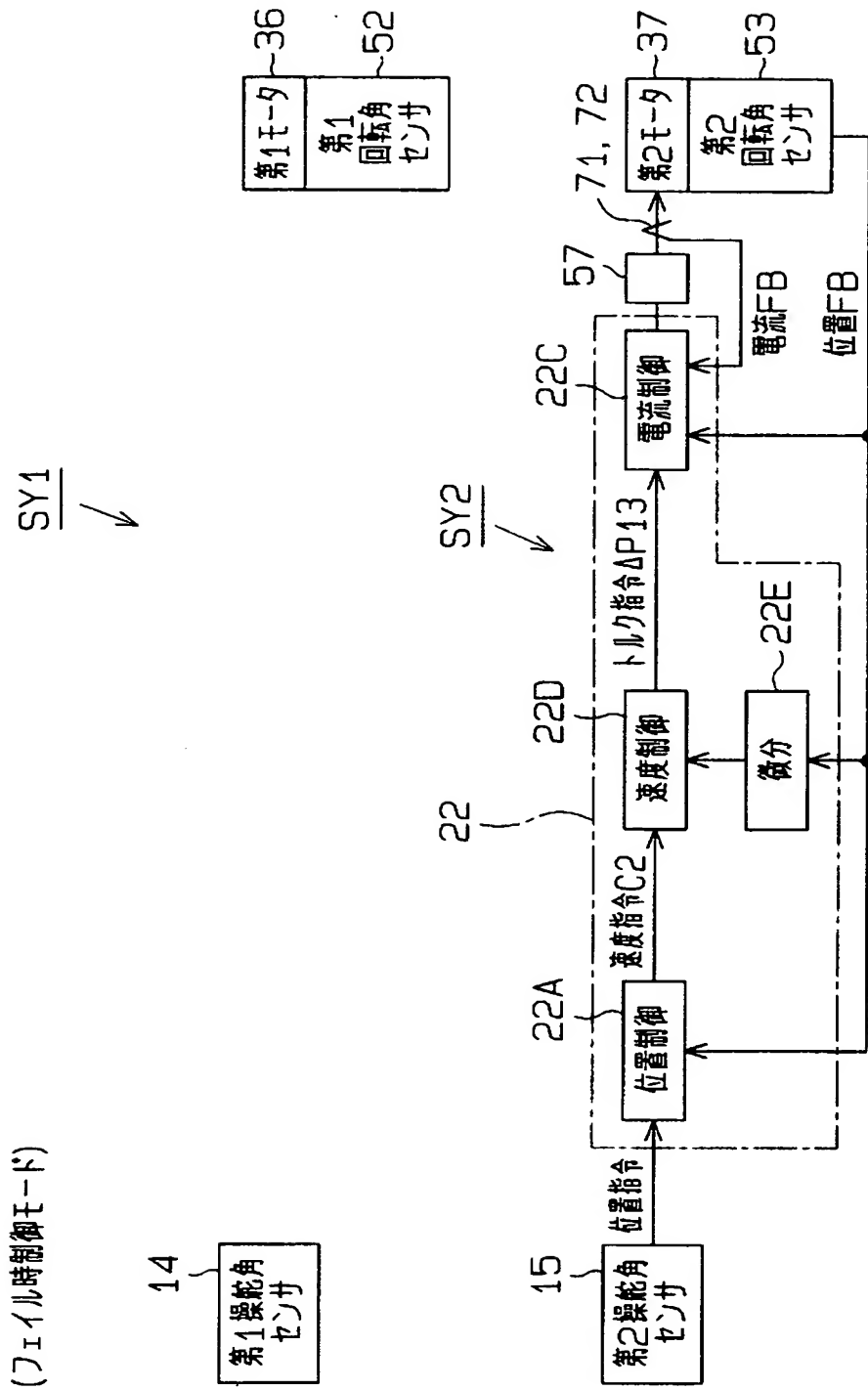
【図 9】



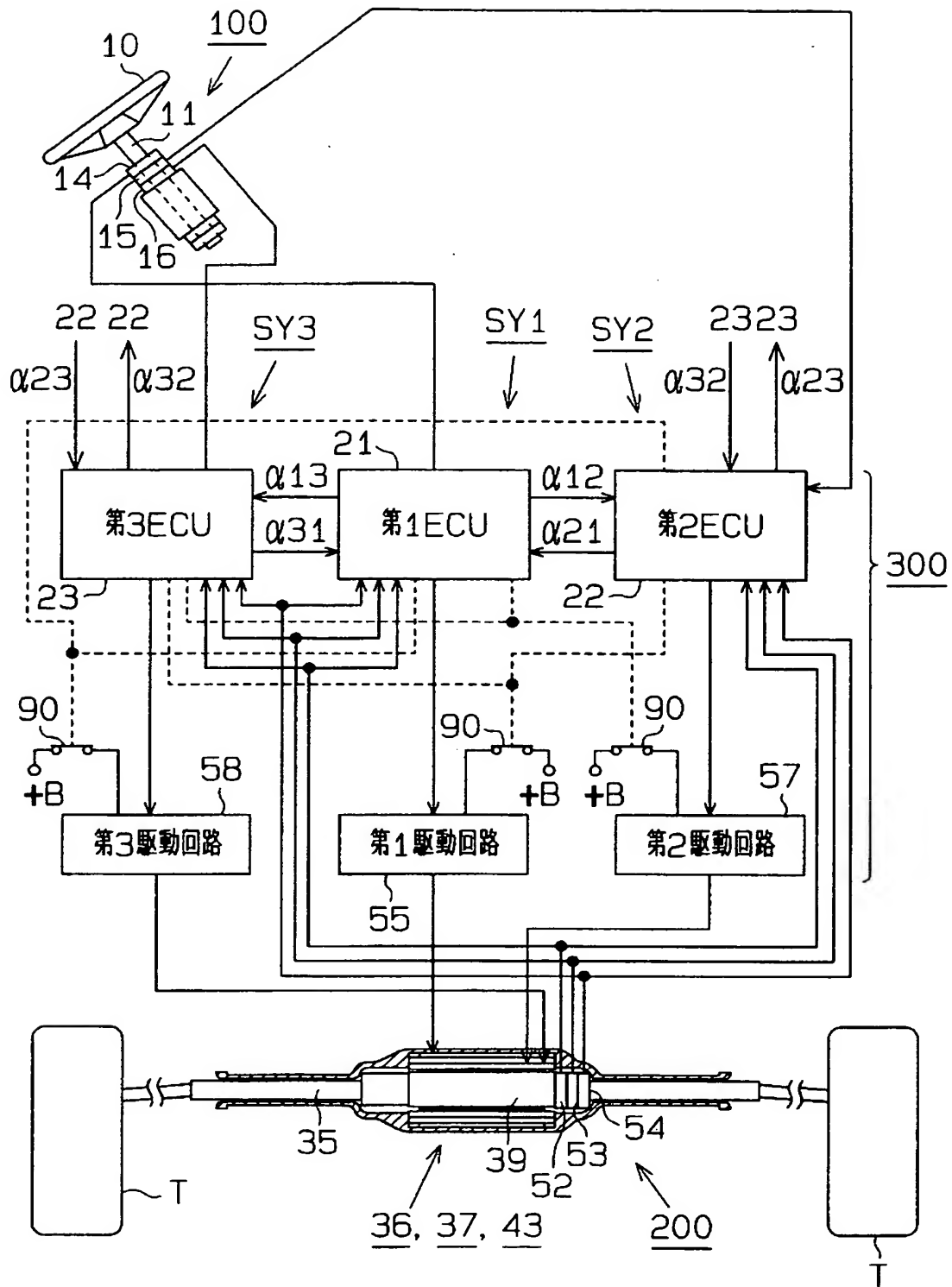
【図10】



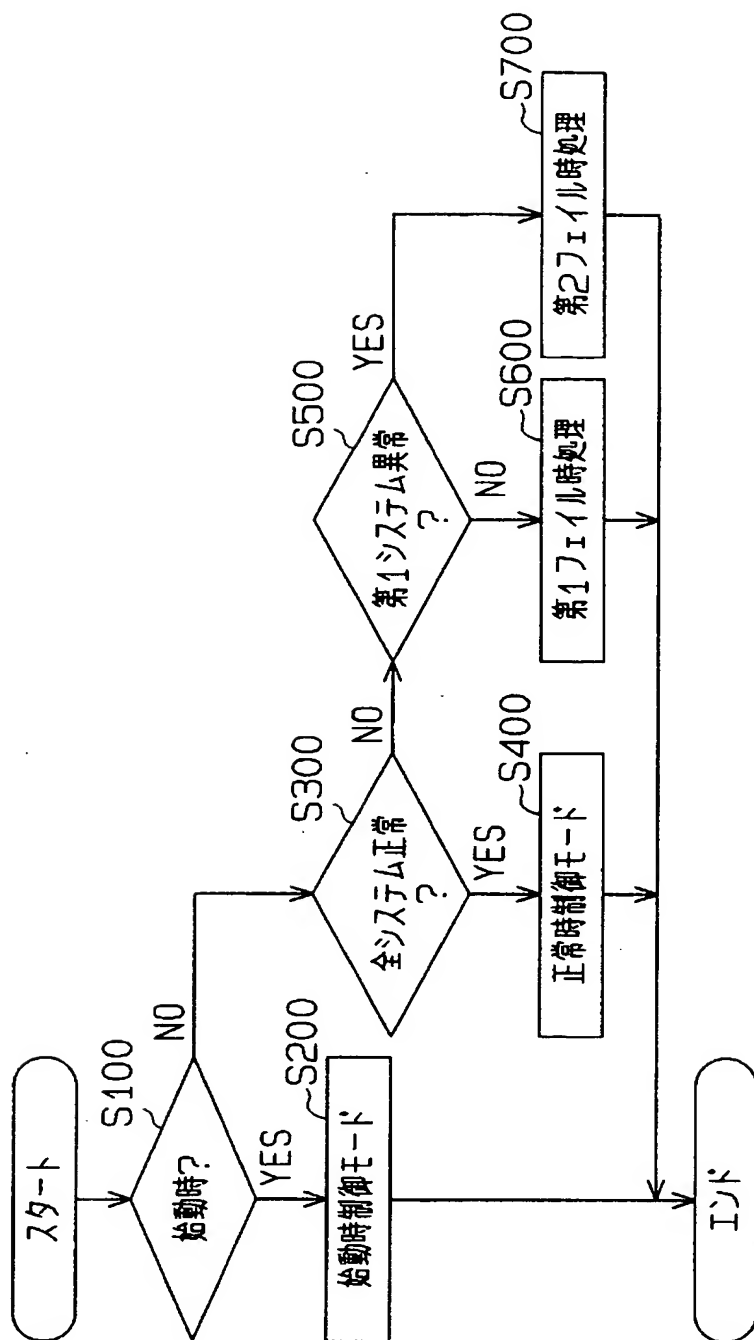
【図 1 1】



【図12】

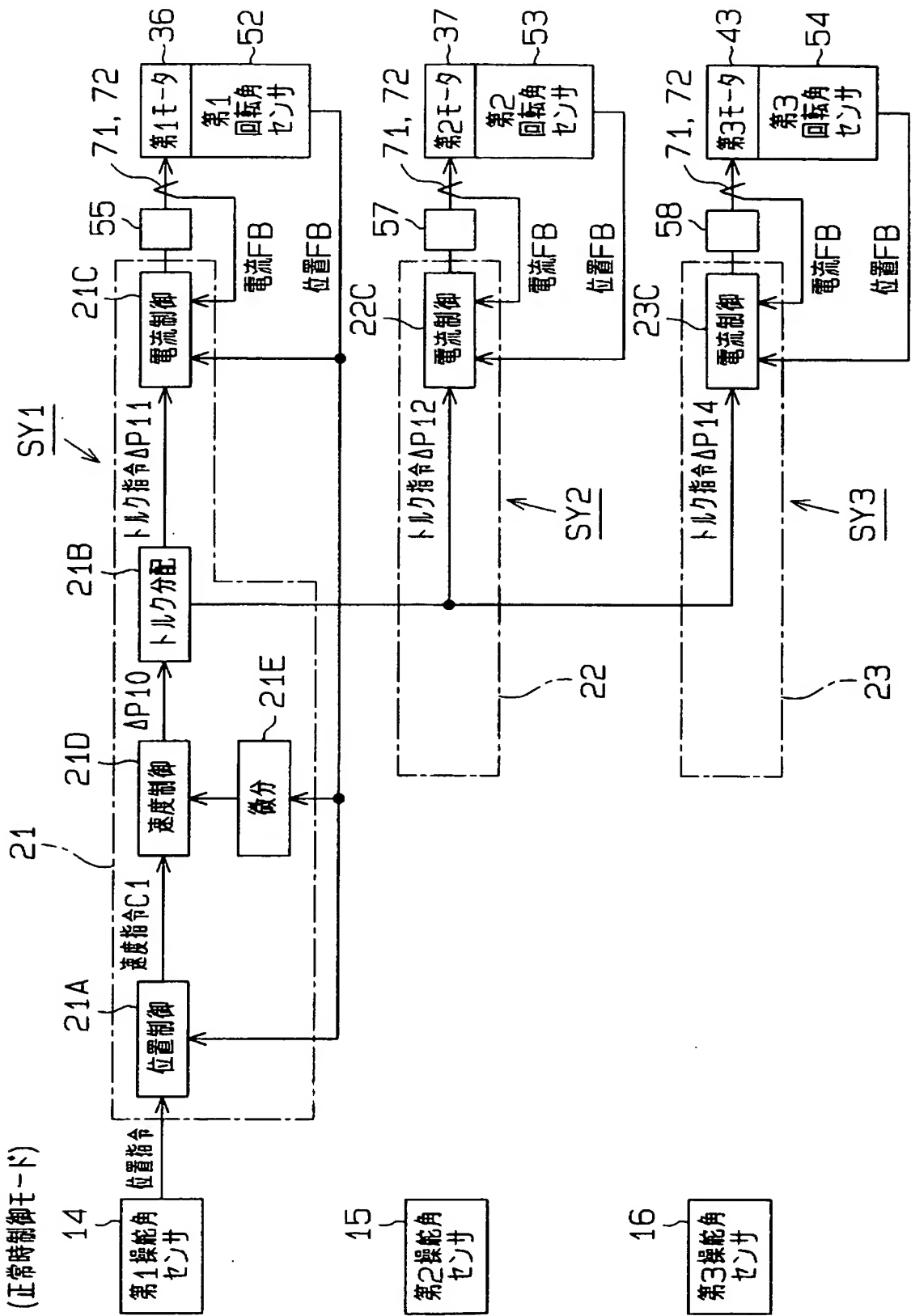


【図 13】

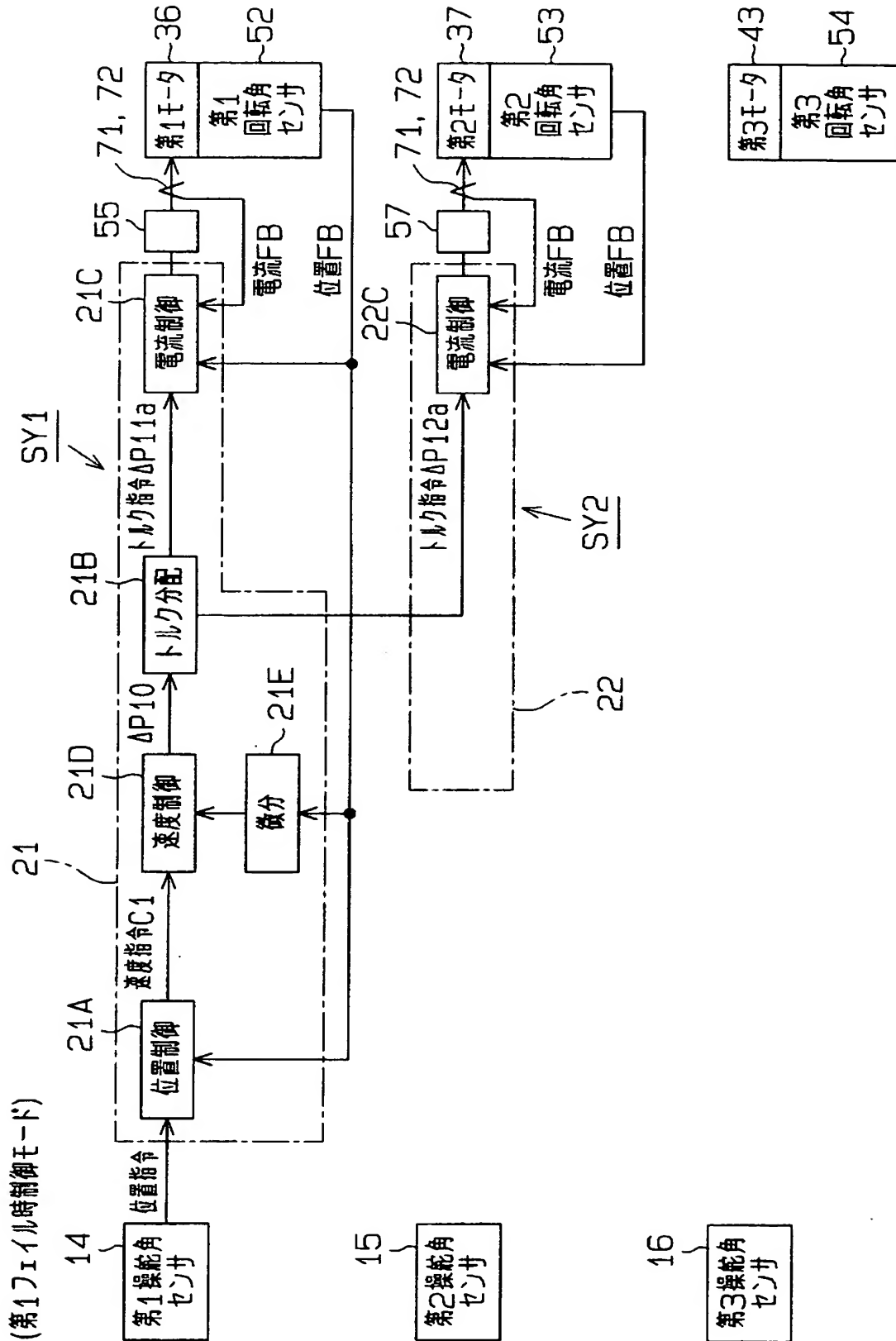




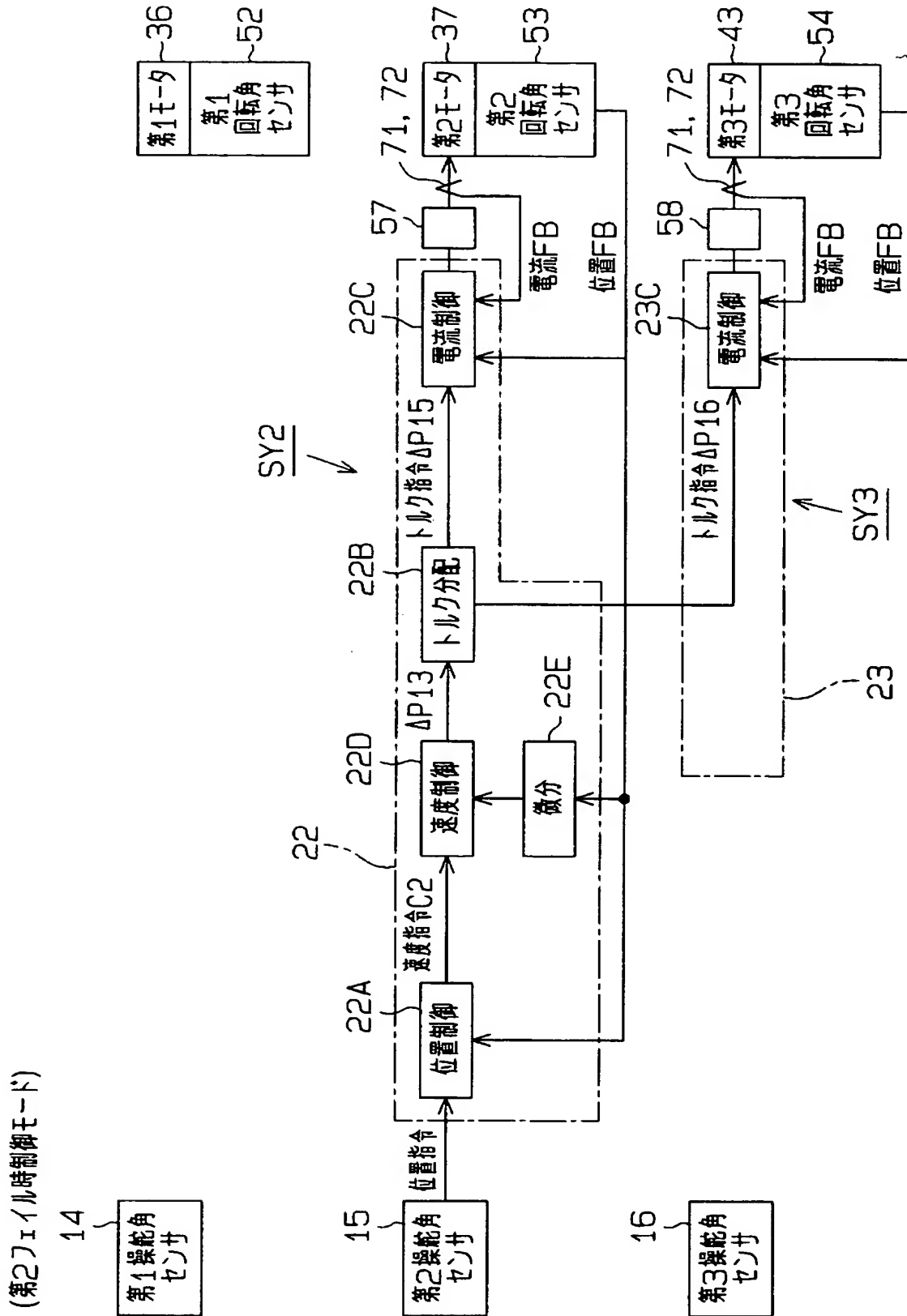
【図 14】



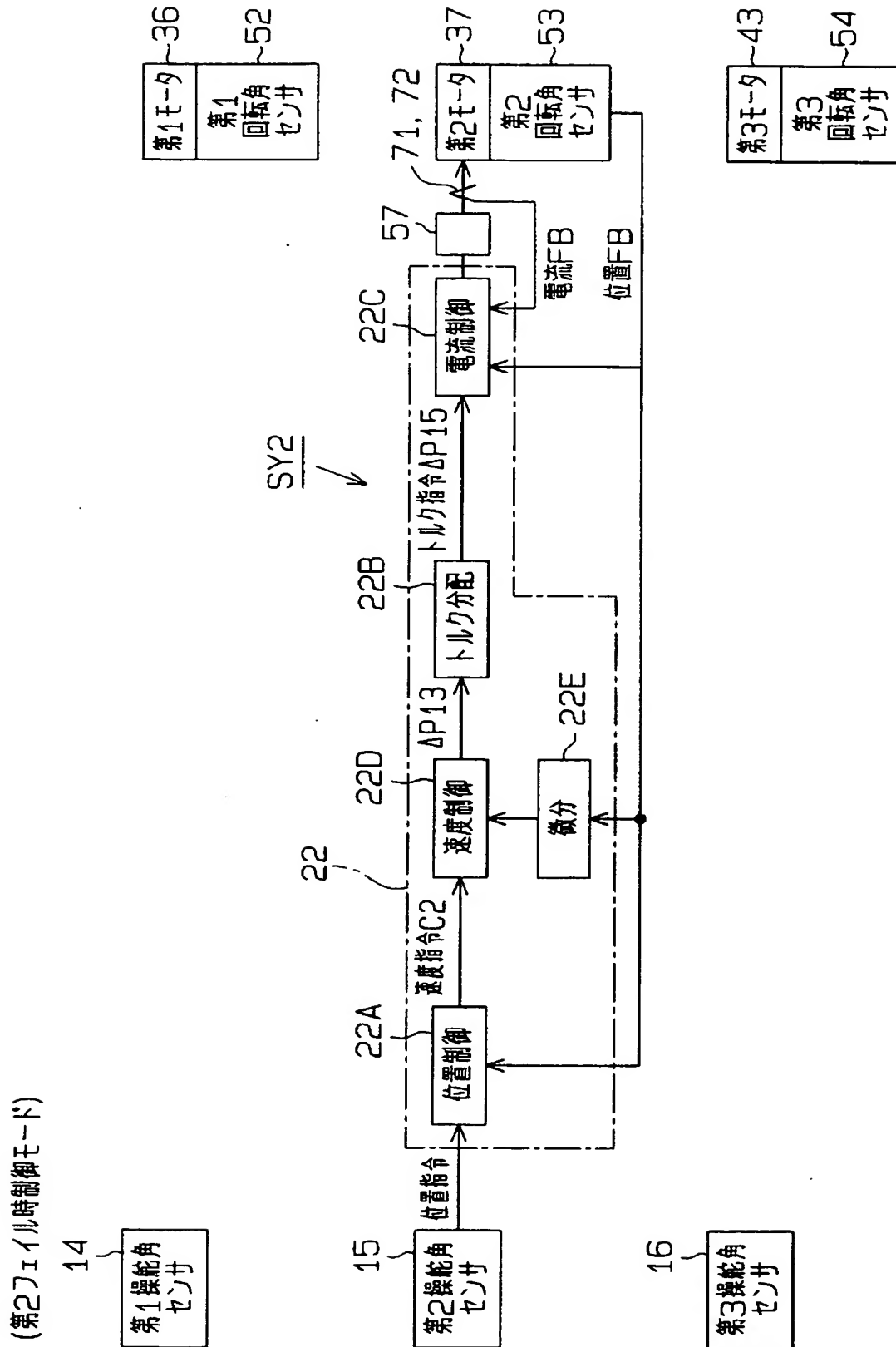
【図15】



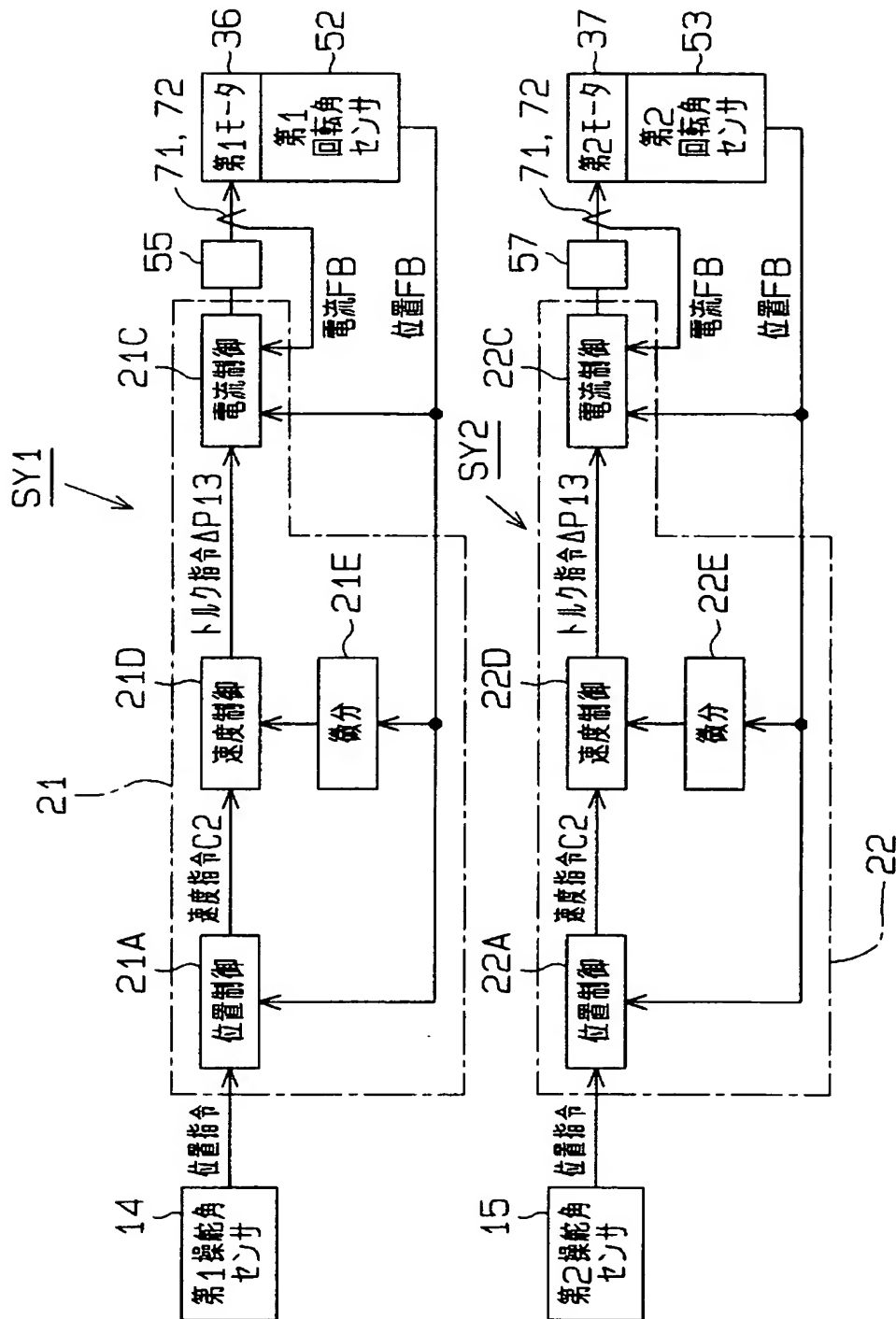
【図 16】



【図17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】複数のシステムの各電動モータを同時駆動する際、電動モータのトルク干渉の問題を解消して、トルクの低下を生ずることがなく、異音、振動、発熱の発生を抑えることができる車両の操舵制御装置を提供する。

【解決手段】第1 ECU 21, 第2 ECU 22を含む第1システム, 第2システムを備える。第1 ECU 21はステアリングホイールの操舵位置と第1モータ36の位置情報に基づいて位置制御を行う。第1 ECU 21は位置制御による演算結果に基づいてトルク指令 $\Delta P$ を生成し、トルク指令 $\Delta P$ をシステムの数に応じて分配する。第1 ECU 21は分配後の自身のシステム用のトルク指令 $\Delta P1$ 及び自身のシステムの第1モータ36の実電流に基づいて第1モータ36に対してトルク制御を行う。第2 ECU 22は分配されたトルク指令 $\Delta P2$ 及び第2モータ37の実電流に基づいて第2モータ37に対してトルク制御を行う。

【選択図】 図5

特願 2 0 0 2 - 3 4 9 8 9 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 4 7 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地

氏 名

豊田工機株式会社

特願 2 0 0 2 - 3 4 9 8 9 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 6 0 9 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1

氏 名

株式会社豊田中央研究所